

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINERA Y METALURGICA



EVALUACIÓN TÉCNICA ECONÓMICA DEL USO DEL SANG EN MINA
“LA ARENA”

TESIS

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO DE MINAS

PRESENTADO

CESAR AUGUSTO HUANGAL CRUZADO

ASESOR

M.Sc. ING JOSE ANTONIO CORIMANYA MAURICIO

LIMA - PERÚ

2014

DEDICATORIA

A las grandes motivaciones de mi vida mi esposa y mis hijos, que acompañan en todo momento las decisiones de futuro.

AGRADECIMIENTO

Agradezco al personal de la empresa Famesa Explosivos S.A.C; así como al geólogo senior Cesar Álvarez Neyra de la compañía minera Río Alto Mining Limited mina “La Arena” por haberme brindado todo el apoyo y la confianza necesaria para realizar mi informe de titulación.

Así mismo quiero manifestar un agradecimiento especial a los Ingenieros Erwitz Alvarado (Superintendente Mina), Marco Rodríguez (Jefe de mina), Héctor Alvarado (Planeamiento de minado) ya que durante mi estancia en esta prestigiosa empresa, supieron brindarme todo su apoyo, conocimientos y experiencias.

Del mismo modo un agradecimiento al Ing. Rubén Sulca Romero un gran amigo y colega de trabajo de quien en todo momento he tenido su apoyo y colaboración.

INDICE

CAPITULO I GENERALIDADES	12
1.1 UBICACIÓN	12
1.2 ACCESIBILIDAD	13
1.3 CLIMA	15
1.4 RESEÑA HISTORICA	15
1.5 GEOLOGIA REGIONAL	16
1.5.1. Jurásico Superior	17
1.5.2. Cretáceo Inferior	18
1.5.3 Grupo Calipuy (Paleógeno - Neógeno)	21
1.5.4 Rocas Intrusivas	23
1.6 GEOLOGIA LOCAL	26
1.6.1 Rocas Sedimentarias	27
1.6.2. Pórfido La Arena	30
1.6.3 Brechas	40
1.6.4 Alteraciones	47
1.6.5. Venillas Características Del Pórfido La Arena	55
1.7 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL	63

1.8 SISTEMAS ESTRUCTURALES EN EL	
YACIMIENTO LA ARENA	65
1.8.1 Primera tendencia: NW-SE	65
1.8.2 Segunda Tendencia: NS	65
1.8.3 Tercera Tendencia: SW-NE	65
1.8.4 Sistema de bajo ángulo (Falla Gouge)	66
CAPITULO II OPERACIONES MINERAS EN MINA LA ARENA	70
2.1 INTRODUCCION	70
2.2 METODO DE EXPLOTACION	71
2.3 EQUIPOS	71
CAPITULO III EMULSION GASIFICABLE SANG	72
3.1 INTRODUCCION	72
3.2 SANG: SOLUCIÓN ACUOSA DE NITRATO GASIFICABLE	73
3.3 CARACTERISTICAS PRINCIPALES DEL SANG	77
3.4 PROCESO DE GASIFICACION	78
3.5 SISTEMA DE GASIFICACIÓN DEL CAMIÓN-FÁBRICA	80
3.5.1 Temperatura y densidad de la emulsión gasificable	80
3.5.2 Porcentaje de sensibilizante	80
3.5.3 Densidad de la Emulsión Gasificada	81
3.5.4 Tiempo de Gasificación	82
3.5.5 Diseño de Voladura en JK SIMBLAST	83
3.5.6 Control De La Perforación	83
3.5.7 Instrumentación	86

3.5.8 Conclusiones	88
CAPITULO IV VALUACIÓN ECONÓMICO DE VOLADURA	
MINA LA ARENA	89
4.1 INTRODUCCION	89
4.2 OBJETIVO	89
4.3 CONCLUSIONES	89
4.4 RECOMENDACIONES	91
4.5 REGISTRO DE PROYECTOS DE VOLADURA	92
4.6 REGISTRO DE COSTOS POR PROYECTOS DE VOLADURA	95
4.7 ANALISIS COMPARATIVOS DE COSTOS	97
4.8 ANALISIS GRANULOMÉTRICO	102
CAPITULO V SEGURIDAD	110
5.1 INTRODUCCION	110
CONCLUSIONES	114
RECOMENDACIONES	115
BIBLIOGRAFÍA	117

INDICE DE FIGURAS

- Fig. 1,1 Muestra la ubicación de mina La Arena
- Fig. 1,2 Ubicación del proyecto La Arena
- Fig. 1,3 Ocurrencias de yacimientos tipo pórfido
- Fig. 1,4 Columna Estratigráfica de la Región Huamachuco
- Fig. 1,5 Vista panorámica del yacimiento
- Fig. 1,6 Formación Oyón
- Fig. 1,7 Estratos de la formación Chimú
- Fig. 1,8 Mostrando la clasificación de rocas
- Fig. 1,9 Mostrando la clasificación química de las rocas
- Fig. 1,0 Roca con textura porfírica en matriz microcristalina
- Fig. 1,11 Fenocristales de plagioclasas
- Fig. 1,12 Roca con textura faneríticas
- Fig. 1,13 Roca con textura porfiríticas
- Fig. 1,14 Pórfido principal
- Fig. 1,15 Pórfido textura porfiríticas
- Fig. 1,16 Pórfido principal textura porfirica alteración potásica (2Bt- Ch)
- Fig. 1,17 Pórfido principal textura porfiríticas alteración fílica (Ser -qtz)
- Fig. 1,18 Fases intrusivas intramineral observadas en el pórfido
- Fig. 1,19 Fases intrusivos intraminerales
- Fig. 1,20 Tipos de contactos encontrados entre el pórfido intramineral
- Fig. 1,21 Muestra características de los diques andesíticos tardíos
- Fig. 1,22 Brechas Monomicticas.
- Fig. 1,23 Típica brecha freática
- Fig. 1,24 Brecha freatomagmaticas, clastos de areniscas

Fig. 1,25 Brechas hidrotermales en matriz de óxidos de hierro

Fig. 1,26 Plano Geológico Local

Fig. 1,27 Sección litológica 816160

Fig. 1,28 Alteración Potásica

Fig. 1,29 Alteración propilítica

Fig. 1,30 Típica alteración filica en el pórfido principal

Fig. 1,31 Alteración argílica

Fig. 1,32 Arenisca oxidada

Fig. 1,33 Plano Superficial de alteraciones

Fig. 1,34 Sección de alteraciones 816160

Fig. 1,35 Venilla de magnetita.

Fig. 1,36 Venilla sinuosas de cuarzo de tipo A

Fig. 1,37 Venilla tipo B cortando las venillas del tipo A

Fig. 1,38 Venilla tipo B

Fig. 1,39 Venilla tipo D

Fig. 1,40 Óxidos en areniscas

Fig 1,41 Seccion Zonas Minerales

Fig. 1,42 Esquema estructural del yacimiento La Arena

Fig. 1,43 Cabalgamiento del pórfido intramineral

Fig. 1,44 Falla de cabalgamiento (Falla "gouge")

Fig. 1,45 Principales sistemas de fallas en el pórfido La Arena

Fig. 2.1 Equipo de perforación SANDVIK - D245S

Fig. 2.2 Camión Caterpillar de 100 toneladas

Fig. 3.1 Muestra la medición de densidades en mina La Arena

Fig. 3.2 Muestra las especificaciones técnicas de la SANG (Famesa Explosivos S.A.C)

Fig. 3.3 Muestra el proceso SAN Gasificado en el camión fábrica (Famesa Explosivos S.A.C)

Fig. 3.4 Muestra el proceso de esponjamiento y disminución de la densidad (Famesa Explosivos S.A.C) a los 5,10 y 15 minutos.

Fig. 3.5 Muestra la imagen de un camión fábrica, fabricando SANG (Fuente Mina La Arena-Tajo Calaorco)

Fig. 3.6 Muestra la imagen del abastecimiento al camión del N20 y el almacén de los cilindros del nitrito (Fuente Mina La Arena-Tajo Calaorco)

Fig. 3.7 Muestra una imagen donde se utilizó SANG con una densidad de 1.05 g/cm³ en una Arenisca (Fuente Mina La Arena-Tajo Calaorco).

Fig 3,8 Plano de Amarre de Proyecto de Voladura Proyecto N° 197 (21-12-2013) Mina La Arena.

Fig. 3.9 Muestra una imagen de un taladro tapado y los equipos de perforación SANDVIK.

Fig. 3.10 Muestra imagen de un reporte de disparo

Fig. 3,11 Monitoreo de las velocidades de detonacion

Fig. 4,1 Reducción de costos anuales por uso de SANG en función del porcentaje de reemplazo de Heavy Anfo

INDICE DE TABLAS

Tabla 1,1 Distancias al proyecto La Arena desde

Tabla 1,2 Edades geo cronológicas en volcánicos

Tabla 1,3 Edades geocronológicas en intrusivos

Tabla 1,4 Dataciones Radiométricas

Tabla 4,1 Factores De Potencia Por Proyecto Disparado Tajo Cala Orco

Tabla 4,2 Factores de Potencia por Proyecto disparado tajo Ethel

Tabla 4,3 De costos de disparos por tipo de explosivo (tajo cala Orco

Tabla 4,4 Costo de disparo por tipo de explosivo (tajo Ethel)

Tabla 4,5 Precio de equilibrio de la SANG.

RESUMEN

En minera "La Arena" de Río Alto Mining Limited se trabajó con Heavy Anfo, explosivo que tenía el problema de la fragmentación requerida y emanación de óxidos nitrosos al medio ambiente.

El material disparado es transportado directamente al PAD de lixiviación, ya que esta mina no cuenta con chancadora. El material de desmonte del tajo es destinado a los botaderos, es por ello que se realiza un análisis en la aplicación de un explosivo, que permita la obtención de la fragmentación requerida y que no contamine el medio ambiente.

Asimismo es importante indicar que en los alrededores de la mina se presentan viviendas de las comunidades, así como estructuras que debemos cuidar para lo cual se requirió de monitorear las vibraciones y encontrarse por debajo del estándar requerido, así también se procedió a registrar el consumo de explosivos y accesorios, cumplir con la programación de voladura de los proyectos asignados por el cliente, la evaluación de los costos de cada proyecto disparado y la evaluación de los parámetros de voladura, teniendo en cuenta el tipo de roca.

ABSTRACT

"La Arena" Rio Alto Mining Limited worked with Heavy ANFO, an explosive with some problems with the required fragmentation and emission of nitrous oxides to the environment.

The material released is transported directly to the PAD leaching, since this mine does not have crusher. The waste material of cut is destined for dumps; in consequence, we analyze the application of an explosive which allows obtain the required fragmentation and to not contaminate the environment.

It is also important to note that there are communities around the mine, as well as structures that we must care, so it was required to monitor vibration and be below the required standard, so we proceeded to record the consumption of explosives and accessories, satisfying the programming of blasting of the projects assigned by the client, assessing the costs of each project shot and evaluation of parameters of blasting taking into account the type of rock.

CAPITULO I

GENERALIDADES

1.1 UBICACIÓN

La mina de cobre y oro a tajo abierto, se encuentra ubicada en el norte del Perú, a 480 kilómetros (en línea recta) al NNW de la ciudad de Lima.

Localidad	: La Arena
Distrito	: Huamachuco
Provincia	: Sánchez Carrión
Departamento	: La Libertad
Región	: La Libertad
Hoja	: 16-g (cuadrángulo de Cajabamba)
Altitud	: 3400 msnm

DEPARTAMENTO: LA LIBERTAD

PROVINCIAS:

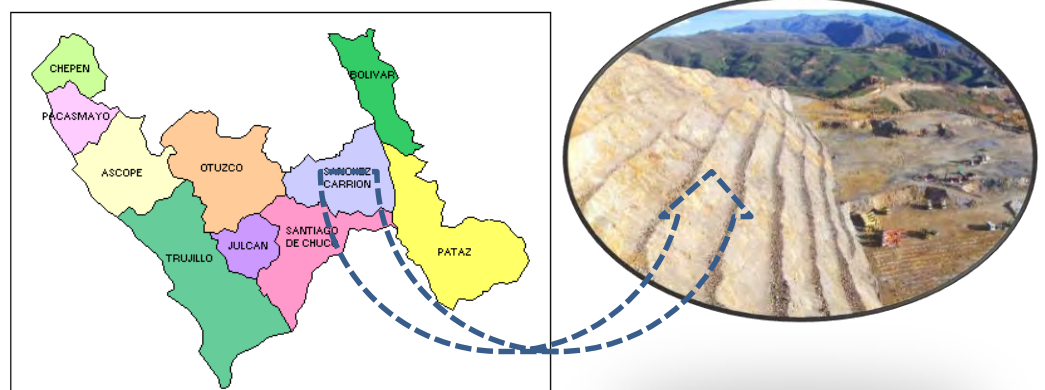


Fig. 1,1: Muestra la ubicación de mina La Arena

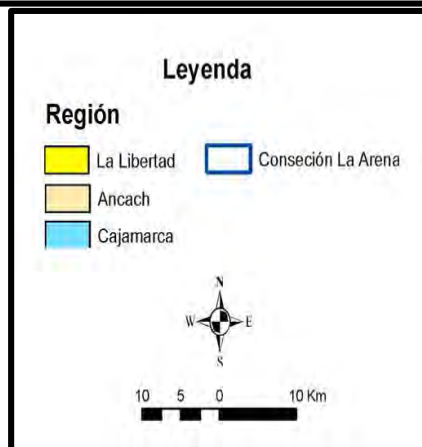
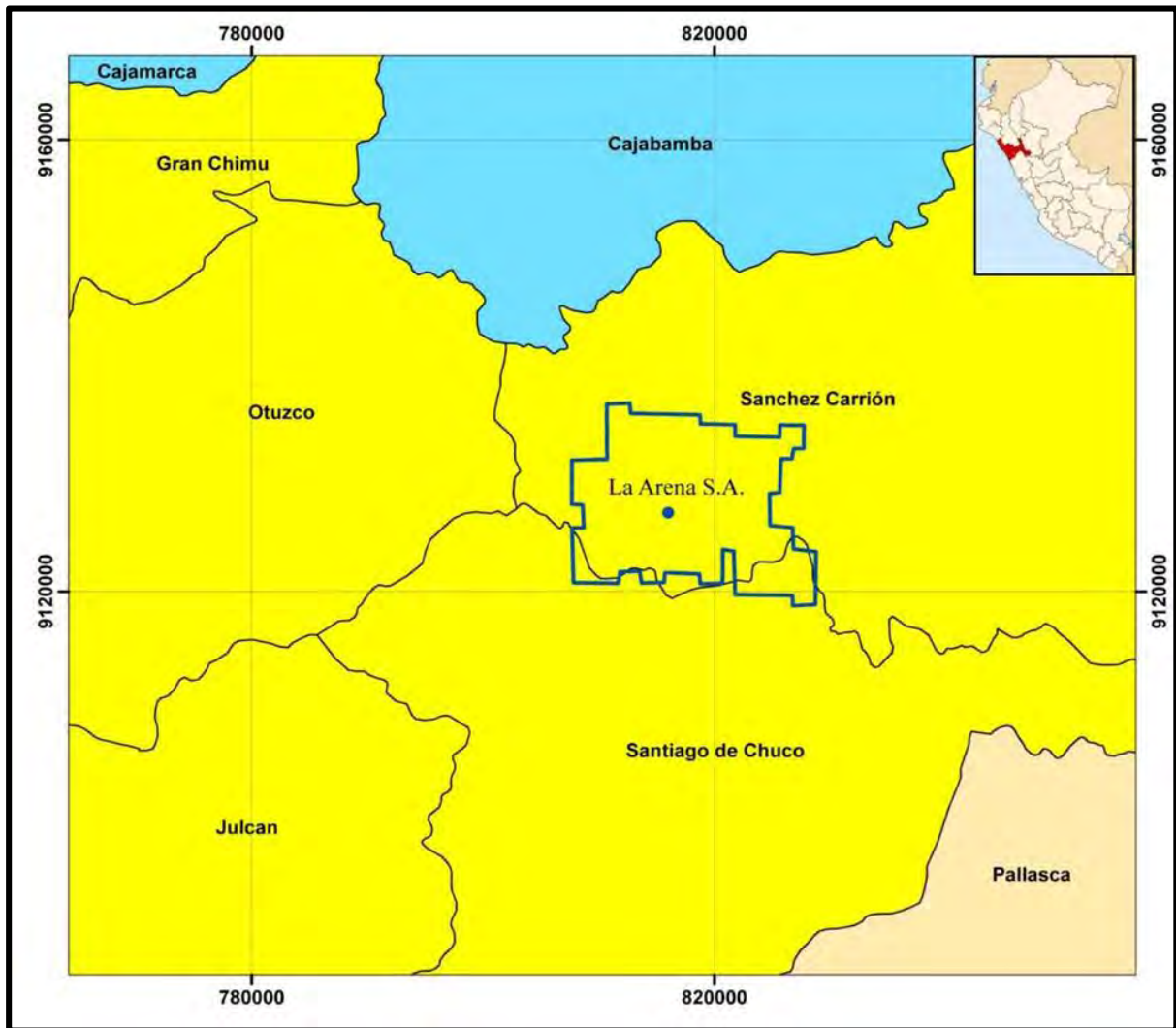
1.2 ACCESIBILIDAD

Existen varias rutas Existen varias rutas (Fig. 1.1) de acceso al proyecto: Ruta Lima-Trujillo-La Arena; Ruta Cajamarca-La Arena.

Tabla N°1,1: Distancias al proyecto La Arena desde:

Ruta	Distancia	Tipo Carretera	Tiempo	medio
Lima -Trujillo	550 Km	Asfaltada	9 hrs./50 min	Bus/Avión
Trujillo- La Arena	160 Km	Afirmada/asf.	5 hrs.	Bus
Cajamarca-Cajabamba	124 km	Asfaltada	3 hrs	Bus
Cajabamba-Huamachuco	55 km	Asfaltada	2 Hrs	Bus
Huamachuco-La Arena	17.5 Km	Asfaltada	30 min	Bus

Fig. 1,2 Ubicación del proyecto La Arena



1.3 CLIMA

Temperatura Máxima Promedio:	12° C.
Temperatura Mínima Promedio:	0° C.
Temperatura Promedio:	8° C.

Periodo Lluvioso: Diciembre, Enero Febrero, Marzo y Abril.

Generalmente también se presenta abundante neblina.

1.4 RESEÑA HISTÓRICA:

- **1994(Dic.):** Descubrimiento del yacimiento "La Arena" , por el Geólogo Victor Quirita (CAMBIOR), mediante la recolección de 3 muestras de arenisca con Óxidos de Fierro en fracturas, cerca al intrusivo "dacítico" resultaron anómalos en Ag y Hg (Au bajo).
- **1995:** Se realizaron campañas de muestreo geoquímico de rocas, confirmando valores anómalos de oro y altos valores en cobre, molibdeno y arsénico relacionado al pórfido "dacítico".
- **1996:** Se continuó con la campaña de muestreos geoquímico, así mismo se realizó geofísica de orientación MAG e IP. Se realizó la primera campaña de perforación diamantina confirmando la presencia de oro en areniscas brechadas con óxidos de fierro relacionados a un sistema Epitermal y el pórfido de Cu-Au en intrusivos "dacíticos".
- **1997-1998:** Se continuó con la campaña de perforación diamantina en las dos zonas mineralizadas (epitermal y pórfido). Se realizó la estimación de recursos preliminares en areniscas (óxidos).

- **1998:** Se realizó perforación diamantina en las Extensiones brecha Calaorco; y brechas Ethel, La Laguna y San Andrés.
- **1999:** Se realizó el estudio de prefactibilidad a un precio de \$350/oz Au (negativo).
- **2004:** Se realizó vuelo hiperespectral HYMAP 863km(PIMA aéreo), cobertura regional, también se realizó geofísica aérea , con cobertura regional. Se hizo el cartografiado geológico detallado de 950 Has(Esc.1:10000). Geofísica 128 km MAG y 66 km IP cubriendo el depósito y extensiones.
- **2003-2006:** Se continuó con campañas de perforación diamantina.
- **2006(Sep):** IAMGOLD adquiere a Cambior.
- **2007(Dic):** IAMGOLD decide vender el Proyecto La Arena a Rio Alto Mining Limited.
- **2011(Feb):** Rio Alto Mining Limited completa al 100% la adquisición del proyecto La Arena.
- **2011(May):** Se inició con la explotación de la zona de oro en óxidos de hierro en areniscas referido al Epitermal de Calaorco.
- **2011(Jun)-2013(Feb):** Se realizó la campaña de perforación diamantina y aire reverso, ampliando los recursos en óxidos (epitermal) y sulfuros (pórfido).

1.5 GEOLOGÍA REGIONAL

Regionalmente, el pórfido La Arena se encuentra emplazado en la franja de los pórfidos miocénicos (Fig. 1,3), siguiendo un alineamiento andino NW-SE.

Dentro de la geología regional que involucra el área del yacimiento se tienen presentes a las formaciones sedimentarias en la región

Huamachuco-Cajabamba, las cuales están representadas por sedimentos pelíticos de edad Jurásico Superior, seguida por sedimentos Cretáceos, con predominancia de clásticos en la base y lutáceo-calcáreos hacia el tope. Toda la secuencia es cortada por intrusivos miocénicos de composición dacítica y diorítica. La secuencia anterior está cubierta por rocas volcánicas miocénicas, predominantemente andesíticas. Por último, existen los depósitos fluvio-glaciares y aluviales que cubren gran parte de las laderas y depresiones principales de la región.

1.5.1 Jurásico Superior

1.5.1.1. Formación Chicama

La Formación Chicama es un conjunto litológico que aflora mayormente en los núcleos de anticlinales tanto al este como al oeste de La Arena, por ejemplo en la carretera a Huamachuco. En la mayoría de los afloramientos predominan lutitas gris oscuras, laminares, deleznales, con algunas intercalaciones delgadas de areniscas grises. En partes contienen nódulos y lentes piritosos y superficialmente es común observar manchas blancas amarillentas como eflorescencias. La formación Chicama es de ambiente marino.

Las rocas de la Formación Chicama son menos resistentes a la erosión, debido a la cantidad de material limo arcilloso y por otra parte ha sido deformada intensamente hacia el sector oriental de la cuenca, lo que ha favorecido el desarrollo de una topografía suave. No se ha visto la base de la Formación Chicama, se supone que descansa discordantemente sobre las calizas del Grupo Pucará u otras formaciones. Su contacto superior es transicional con la Formación Oyón. Se estima un grosor de 1,000 a 1500 m.

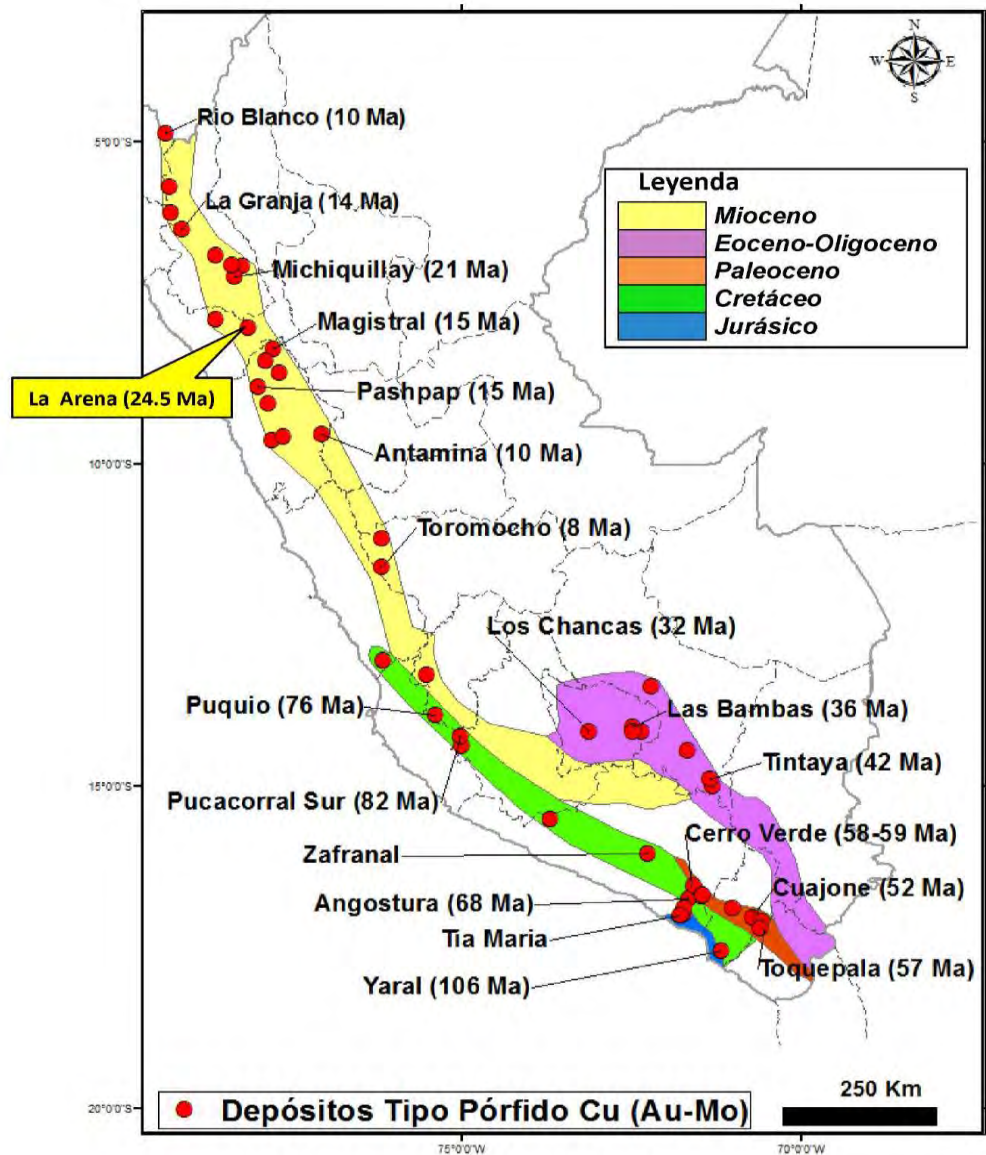


Fig. 1,3 Ocurrencias de yacimientos tipo pórfido

1.5.2. Cretáceo Inferior

1.5.2.1 Formación Oyón

Es una secuencia de transición entre las lutitas de la Formación Chicama y las areniscas de la Formación Chimú sobre yacente. Consiste de areniscas pardas, grises y blancas en estratos delgados, interestratificadas con lutitas y

limoarcillitas grises, carbonosas, que contienen láminas de areniscas constituidas mayormente por clastos de cuarzo. Existen algunas capas de carbón en la parte superior de esta unidad. Su contacto con la Formación Chimú es concordante.

La Formación Oyón es la unidad más antigua que aflora en el anticlinal de La Arena, se le distingue por su coloración gris a gris oscura y la menor resistencia a la erosión, también se le observa en los cortes de la carretera La Arena - Huamachuco debajo de la Formación Chimú, se estima un grosor de 200 metros.

1.5.2.2 Grupo Goyllarisquizga

Es una secuencia silíceo-clástica que yace sobre la Formación Oyón en la cuenca Occidental y sobre el Grupo Pucara al este en el valle del río Marañón. Muestra un adelgazamiento notable hacia el Alto del Marañón donde tiene 400 a 600 metros de grosor mostrando un ligero cambio de litofacies, de tal modo que ha sido cartografiado como Grupo Goyllarisquizga indiviso. En cambio al oeste puede alcanzar grosores hasta de 1500 metros y es posible diferenciar las Formaciones: Chimú, Santa, Carhuaz y Farrat.

1.5.2.3 Formación Chimú

Es una secuencia de areniscas cuarzosas con algunas intercalaciones de lutitas, limolitas grises y algunos niveles de carbón en la parte inferior y media. Se trata de una secuencia esencialmente de cuarciarenitas blancas, resistentes que marcan un cambio morfológico notorio (Foto 2) con relación a las Formaciones Oyón y Chicama infrayacentes. Sus grosores pueden variar entre 400 a 600 metros.

1.5.2.4 Formación Santa

La Formación Santa está constituida por lutitas grises oscuras intercaladas con niveles limoarcillitas, algunas calizas en estratos de 10 a 30 cm. También incluye algunas areniscas cuarzosas, y areniscas grises en capas delgadas. Los niveles de calizas son más evidentes hacia los sectores Este y hacia el sur de la cuenca; en cambio hacia el norte predominan las lutitas gris oscuras y algunas areniscas. Su grosor varía entre 150 a 250 metros.

1.5.2.5 Formación Carhuáz

Se compone predominantemente areniscas, limolitas grises e impuras, en menor proporción areniscas blancas de grano fino, algunos niveles de lutitas grises, areniscas y limolitas rojas y eventualmente limolitas verdosas y pardas. Eventualmente pueden encontrarse niveles de carbón. Los estratos tienen grosores entre 10 cm a más de 1 m. Esta unidad yace sobre la Formación Santa en concordancia. Su grosor oscila entre 350-400 metros.

1.5.2.6 Formación Farrat

Areniscas cuarzosas, por lo general limpias y de color blanco amarillento, en cantidad mínima limolitas lenticulares. Son areniscas cuyas características petrográficas son similares a la Formación Chimú, con la diferencia que estas yacen sobre la Formación Carhuaz y debajo de la secuencia calcárea del Albiano. Su grosor varía entre 300 metros y 400 metros.

1.5.2.7 Formación Inca

Sobre las areniscas del Grupo Goyllarisquizga, regionalmente se encuentra una secuencia de calizas del Albiano que se han descrito como las

Formaciones Inca, Chulec, Pariatambo. De éstas unidades la formación Inca es la más inferior y marca la transición de areniscas a calizas, se caracteriza precisamente por estratos delgados de areniscas, lutitas con cemento calcáreo y capas de calizas grises ferruginosas. Su grosor es variable de 100 a 200 metros.

1.5.2.8 Formación Chulec

Esta Formación es distinguible por su coloración gris a crema, su menor resistencia a la erosión y por la presencia notoria de lutitas grises, margas, lutitas gris verdosas que meteorizan con fractura subconcoidea a subredondeada (lodolitas), tales rocas están intercaladas con calizas grises, nodulosas. La secuencia es bastante fosilífera. Sus grosores están entre 200 a 400 metros.

1.5.2.9 Formación Pariatambo

Es una secuencia mayormente de calizas gris oscuras a negras generalmente en estratos de 10 a 40 cm de grosor, si bien pueden existir capas más gruesas. Las calizas delgadas se intercalan con lutitas gris oscuras que tienen grosores menores que las calizas. Sus grosores son variables entre 100 a 400 metros. Las Formaciones Inca, Chulec y Pariatambo se adelgazan hacia el Este y han sido cartografiadas como una sola unidad o también se les ha descrito como Grupo Crisnejas, su edad es Albiano.

1.5.3 Grupo Calipuy (Paleógeno - Neógeno)

Es una secuencia volcánica localizada en el sector oeste y suroeste de La Arena, constituye el núcleo de la Cordillera Occidental y cubre

discordantemente a las unidades plegadas y falladas del Mesozoico, está asociada con intrusivos y cuerpos subvolcánicos en aparatos y volcanes erosionados. Las litologías frecuentes en el Grupo Calipuy son depósitos de flujos piroclásticos de pómez y cenizas dacíticas y andesíticas, con algunas intercalaciones de lavas andesíticas en la parte inferior bloques y cenizas con fragmentos angulosos porfídicos en la parte superior. Existen además depósitos mixtos volcánico-sedimentarios tipo flujos de detritos, areniscas tobáceas, intercalados con las secuencias volcánicas. Hacia el oeste en la Cordillera Occidental y sus flancos Navarro et. al. (2010) han descrito cuatro etapas de volcanismo cenozoico, prácticamente continuo con características petrográficas similares a los cuerpos intrusivos asociados. La empresa CAMBIOR (1998), realizó el estudio de 4 muestras los cuales reflejan edades que varían entre 18.9 y 16.5, correspondiente al Mioceno Medio según como indica la tabla N° 1,2Tabla1, 2

Edades geocronológicas en volcánicos

PROCEDENCIA	Latitud	Longitud	Edad K-Ar M.a. Geochron	Clasificación Globo de Plomo
Cuello Volcánico Los Ángeles	9120810	803125	18.9+/-0.5	Andesita
Lava Quesquenda	9118126	809440	18.2+/-0.6	Andesita
Lava Los Ángeles	9118130	805810	16.5+/-0.6	Dacita
Subvolcánico La Capilla	9120498	809980	17.6+/-0.6	Andesita

(Quirita, et al 1998)

1.5.4 Rocas Intrusivas

En la región, entre Huamachuco y Cajabamba, se han reconocido cuerpos intrusivos hipabisales de edad Paleógena, relacionados a la presencia de formas dómicas, emplazados dentro de un corredor estructural NW-SE, cortando las formaciones sedimentarias mesozoicas. Por lo general, estos intrusivos afloran como pequeños stocks aislados dentro o en la periferie de la geoforma dómica. Su composición varía desde diorita a pórfido andesíticos, pórfido dacítico y pórfido cuarcíferos. En profundidad, estos stocks parecen unirse y constituir un sólo cuerpo intrusivo mayor, tal como ocurre en el "Domo Huamachuco" y el "Domo de Algamarca".

Algunas intrusiones periféricas a los domos, tienen características propias de un ambiente hipabisal subvolcánico, en forma de lacolito elongado con marcado control estructural NW-SE, tal como ocurre en La Arena y Virgen.

Otras intrusiones, asociadas a formas dómicas menores, se tiene en el área de Cochapampa. Esta intrusión parece constituir la parte periférica sur del "Domo de Algamarca", su composición corresponde a un pórfido dacítico que grada a pórfido andesítico. Entre las localidades de Marcabal y Purumarca, también se ha reconocido afloramientos de intrusivos hipabisales de composición intermedia, con tamaños de hasta 4 x 2 kilómetros, cortando a las lutitas Chicama y a las areniscas Chimú. Se ha comprobado, que las intrusiones más ácidas están ligadas a la mineralización, tipo pórfido Cu-Au-(Mo) desarrollado en el mismo cuerpo intrusivo, o como brecha de Au en contacto con rocas clásticas permeables.

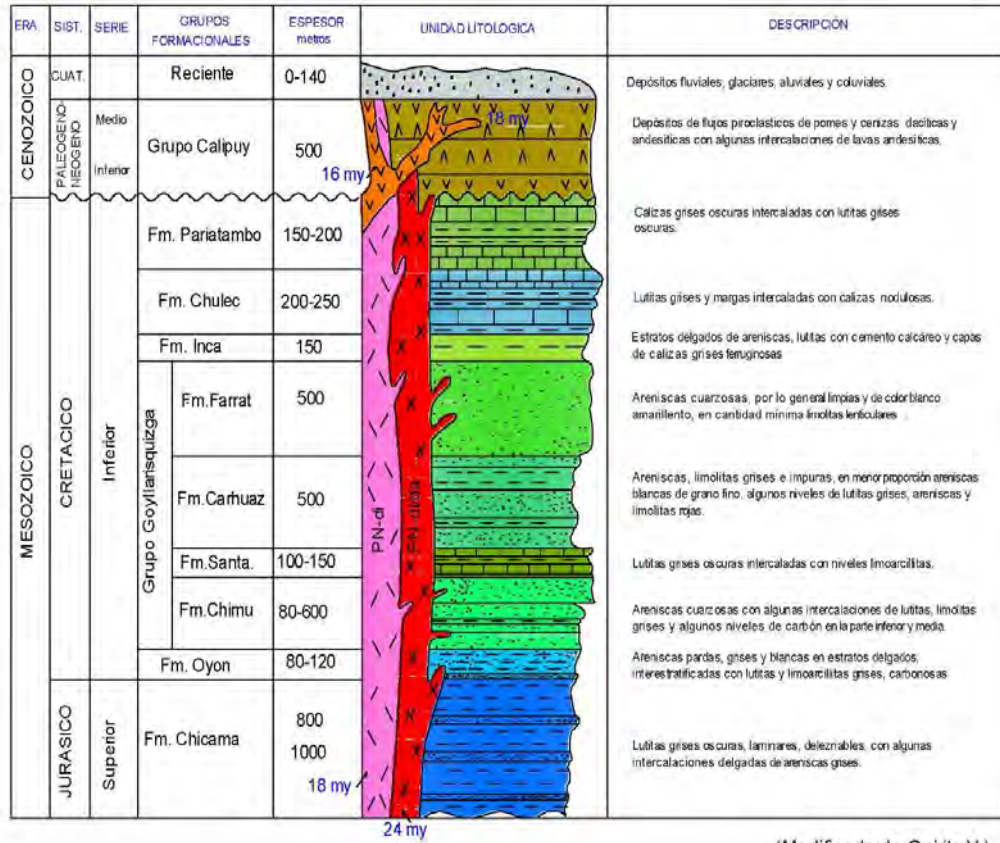
Las dataciones radiométricas por el método K-Ar efectuadas por los Laboratorios "Geochron" (Julio 1998) por encargo de Cambior, para algunos intrusivos del "Domo de Huamachuco" y del prospecto Calaorco (Cachicadan), se indican en la Tabla 1,3 (Quirita, 1998):

Tabla 1,3 Edades geocronológicas en intrusivos

PROCEDENCIA	Norte	Este	Edad K-Ar M.a. Geochron	Clasificación Globo de Plomo
Intrusivo La Florida	9124120	824550	18.0+/-0.5	Dacita-tonalita
Intrusivo Calaorco	9108950	821085	23.1+/-0.7	Diorita
Intrusivo La Colpa	9132950	822230	24.4+/-0.8	Tonalita
Intrusivo La Arena DDH 1-153 m	9127401	816006	24.8+/-0.8	Andesita
Intrusivo La Arena DDH 18-236 m	9127199	916599	25.7+/-0.9	Tonalita
Intrusivo La Arena DDH 51-104 m	9125950	816678	24.6+/-0.8	Dacita

(Quirita, et al 1998)

COLUMNA ESTRATIGRÁFICA DE LA REGIÓN HUAMACHUCO



(Modificado de Quirita, V.)

Fig. 1,4 Columna Estratigráfica de la Región Huamachuco

1.6 GEOLOGIA LOCAL

En el marco de la geología local, en el yacimiento La Arena, se tienen como secuencias más antiguas a las rocas pelíticas del Cretáceo Inferior de la Formación Oyón, seguida por rocas clásticas de Formación Chimú e intruidas por cuerpos de composiciones dacíticas y andesíticas Oligocénicas y Miocénicas. Las Areniscas de la Formación Chimú han actuado como roca hospedante de la mineralización aurífera tipo Epitermal muy similar a los yacimientos de Santa Rosa, Alto Chicama y La Virgen.

Dentro del marco evolutivo del yacimiento se presentan hasta tres fases intrusivas los cuales han generado el desarrollo de un sistema tipo pórfido con mineralización de Cu-Au y el desarrollo de una fase del tipo epitermal de alta sulfuración generando el desarrollo de la mineralización aurífera de Calaorco y Ethel.

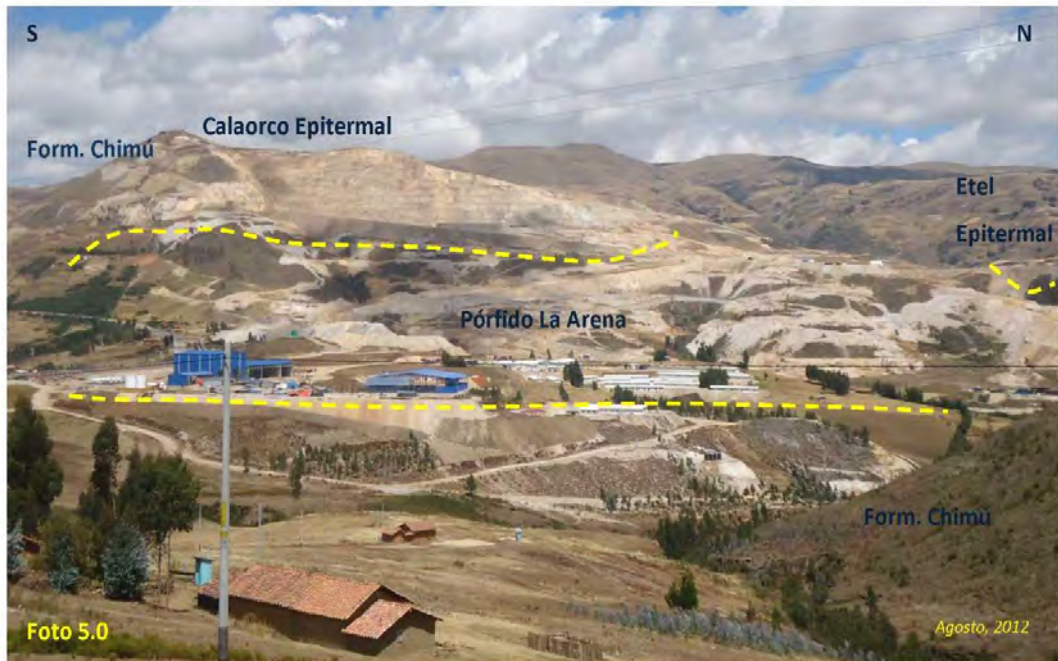


Fig. 1,5 Vista panorámica del yacimiento.

1.6.1 Rocas Sedimentarias:

1.6.1.1 Formación Oyón

Esta unidad es la más antigua del área yace sobre la Formación Chicama del Jurásico superior e Infrayace a la Formación Chimú perteneciente al Cretáceo Superior.

Consiste en una secuencia de lutitas carbonosas negras, con laminaciones finas y lenticulares de areniscas cuarzosas claras de grano fino (Fig. 1,6), fácilmente deleznable, intercaladas con estratos delgados de areniscas cuarzosas, presenta cierto replegamiento.

Es común encontrarlo en la zona Este del Pórfido como bloques arrastrados por falla de cabalgamiento dentro del pórfido.

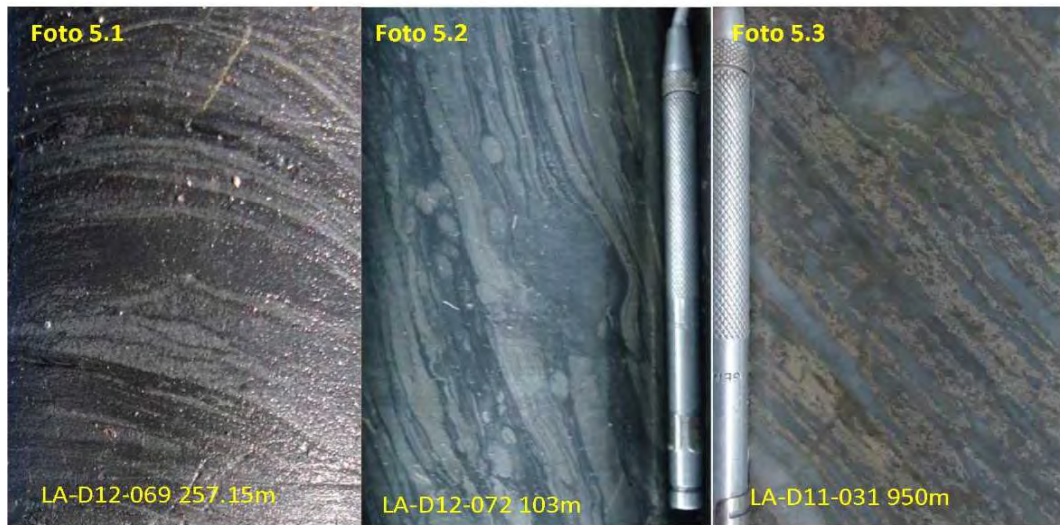


Fig. 1,6 Formación Oyón

1.6.1.2 Formación Chimú

La Formación Chimú tiene una amplia distribución en las márgenes del yacimiento, esta Formación ha sido subdividida en 2 miembros por sus características litológicas, estas son:

Formación Chimú -Miembro Inferior. -Formación Chimú -Miembro Superior. (Sánchez, A., 2012)

1.6.1.2.1 Miembro Inferior

Sobreyace en concordancia a la Formación Oyón, y está constituido por areniscas limolíticas intercaladas con limolitas y lutitas de coloración gris clara, los estratos varían en grosores de 10-30 cm. Tiene un espesor promedio de 120-140 m. Los mejores afloramientos de ésta unidad en el área de estudio, se observan en la margen Este del cerro Astrid

(N150°/030°-040°SO), al NE del campamento (N330°/035°-045°NE), y en la margen izquierda de la quebrada El Sauco (Sánchez, A., 2012).

1.6.1.2.2 Miembro Superior

El miembro superior de la Formación Chimú está conformado por areniscas cuarzosas de grano medio-fino, bien clasificadas, coloración clara, presenta rizaduras de corrientes, paleocanales, estratificación cruzada, estructuras de sobrecarga (en las intercalaciones de areniscas y limolitas) y en paleocanales donde la gradación de los granos está en polaridad invertida, Los estratos predominantes son de 20 a 50 cm de espesor con niveles de areniscas limolítica en la base. En ésta unidad se encuentra principalmente la mineralización de Oro.

La mejor zona de exposición se encuentra en el Cerro Calaorco (actual zona de explotación por Au-Fig 1,7) donde se ha observado los estratos presentan una dirección N330°-340°/070°-075°NE. Dentro de la Formación Chimú, se ha determinado un nivel guía compuesto por lentes de carbón dentro de estratos de areniscas limolíticas y limolitas grises y de coloración rojiza, las cuales presentan extensión regional y permiten diferenciar el miembro superior del inferior. El grosor promedio de éste miembro es de 150-180 m, dentro del yacimiento no se ha podido observar el tope de la Formación (Sánchez, A., 2012).

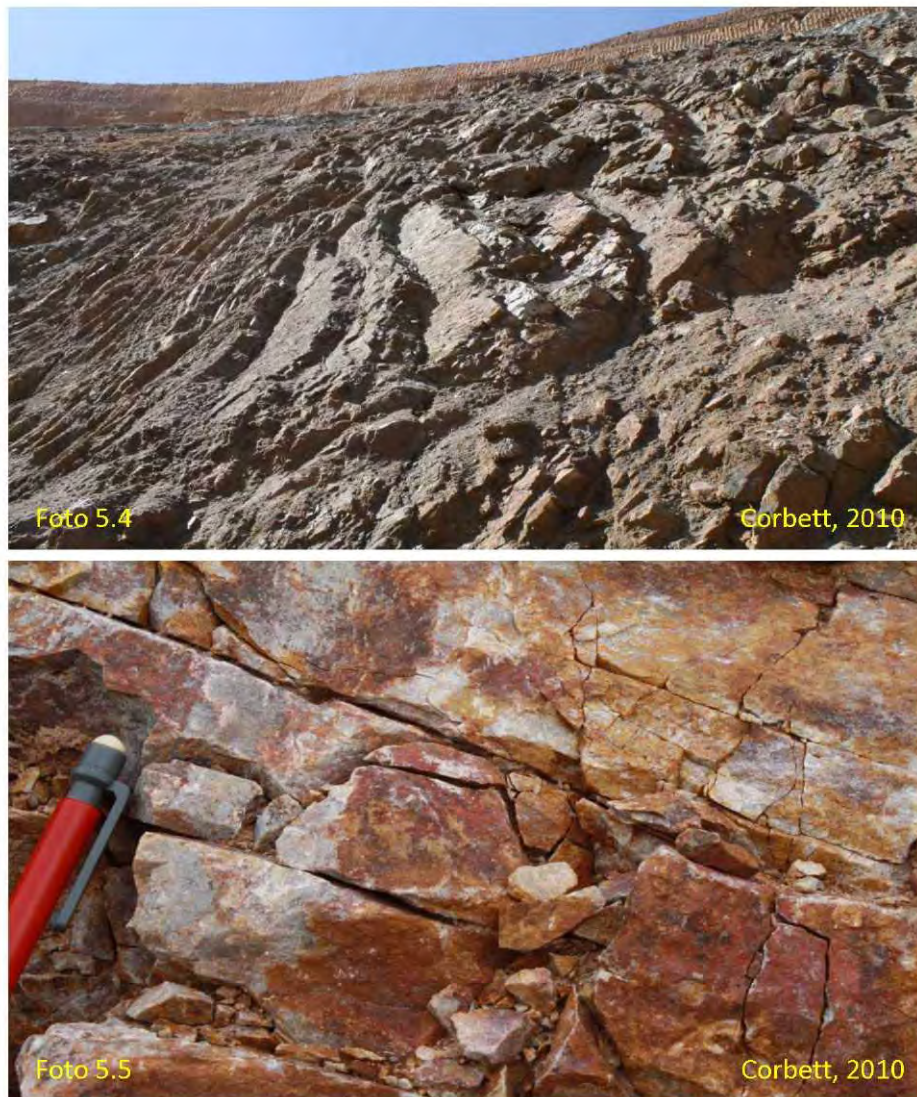


Fig. 1,7 Estratos de la formación Chimú.

1.6.2. Pórfido La Arena

La Arena es un yacimiento del tipo Pórfido, generado por múltiples intrusiones Oligocénicas de cuerpos porfíricos, teniendo como roca caja a las rocas Cretáceas de la Formación Chimú principalmente.

Las rocas porfíricas que se presentan en el yacimiento presentan principalmente dentro de su composición plagioclasas, biotita, hornblenda y

cuarzo primario el cual no es visible a simple vista (Fig. 1,11). Las rocas en el yacimiento la Arena han sido catalogadas acuerdo a análisis de roca total como Calcoalcalinas (Fig.1, 9) de composición andesítica principalmente (Fig. 1,8).

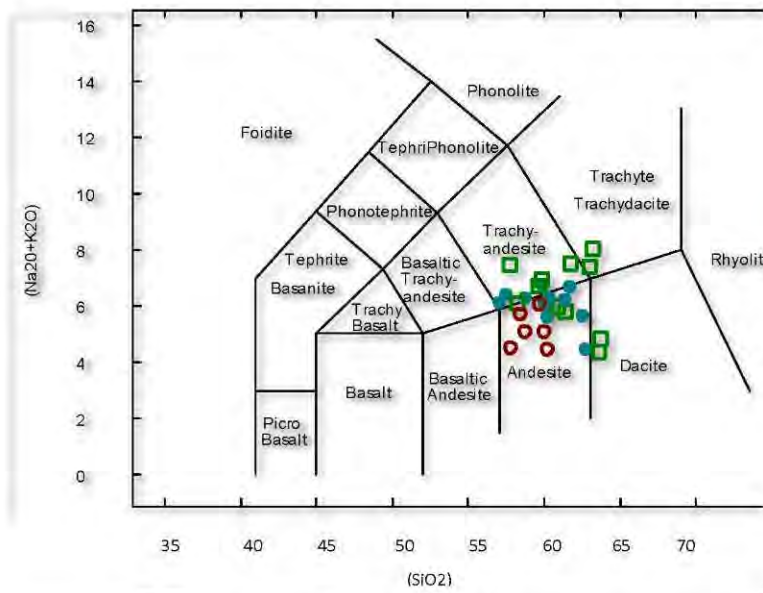


Fig. 1,8 Mostrando la clasificación de rocas

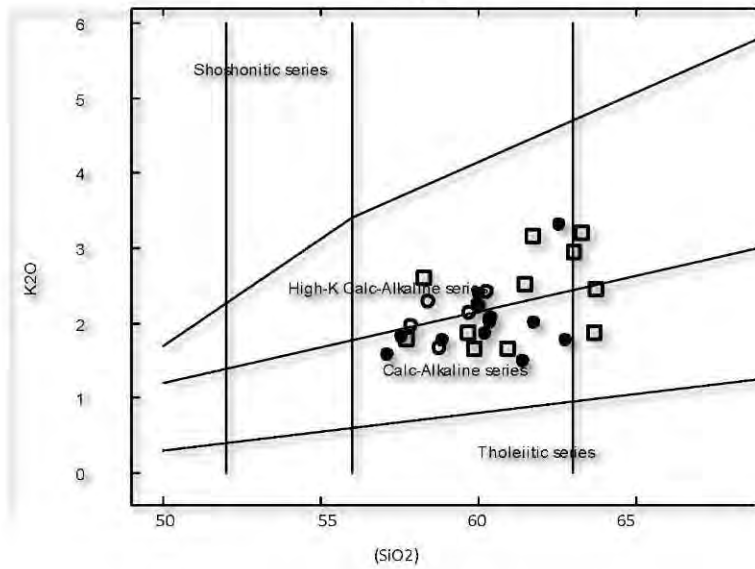


Fig. 1,9 Mostrando la clasificación química de las rocas

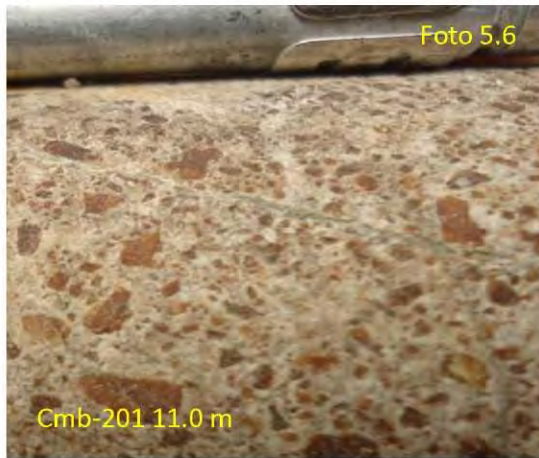


Fig. 1, 10 Roca con textura porfirica en matriz microcristalina

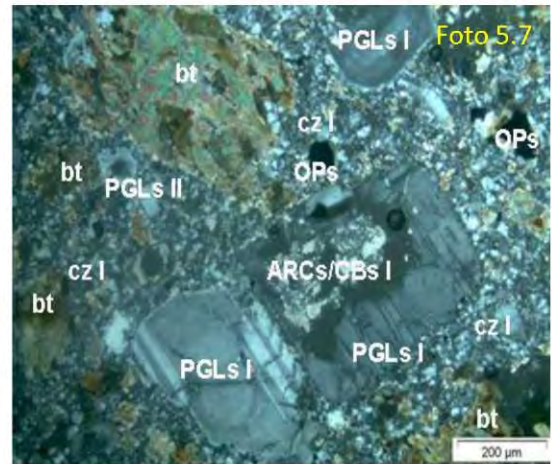


Fig. 1,11 Fenocristales de plagioclasas I



Fig. 1,12 Roca con textura fanerítica

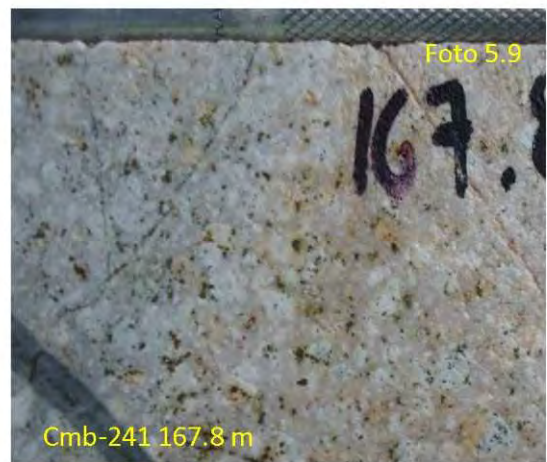


Fig. 1,13 Roca con textura porfirítica

1.6.2.1 Primera Fase

1.6.2.1.1 Pórfido Principal (MFPA)

Por sus siglas en inglés (Main Feldspar Porphyry Andesite), este intrusivo representa el evento de intrusión del pórfido que tuvo mayor desarrollo en mineralización de Cu-Au.

Presenta texturas variables desde faneríticas de grano medio, hasta porfíricas equigranulares en matriz microcristalina. Los cristales que presentan se pueden presentar en sus tres formas (Euhedrales, subhedrales y anhedrales), dependiendo del grado de alteración que haya sufrido la roca. Por sectores la textura se presenta obliterada con presencia de sílice en matriz corroyendo cristales.

Los cristales que presenta este pórfido varían de tamaño, los cuales van desde 1mm hasta 5mm y son principalmente de feldespatos, plagioclasas y menor de hornblendas y biotitas las cuales se pueden distinguir a simple vista (macroscópicamente).

El MFPA, presenta el mayor desarrollo de stockwork de cuarzo con venillas del tipo A, AB y menor B el cual presenta variación de intenso ha moderado. Se puede observar este desarrollo desde la superficie hasta zonas profundas (mayores a 800 m) donde se observa la presencia de venillas tipo M.

En el desarrollo del pórfido principal se consideran hasta dos fases de mineralización; uno con desarrollo moderado y otro con desarrollo intenso de stockwork, los cuales hacen variar la intensidad de mineralización.

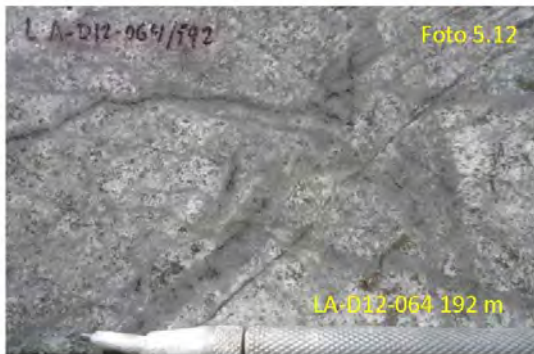


Fig. 1,14 Pórfido principal



Fig. 1,15 Pórfido textura porfirítica.

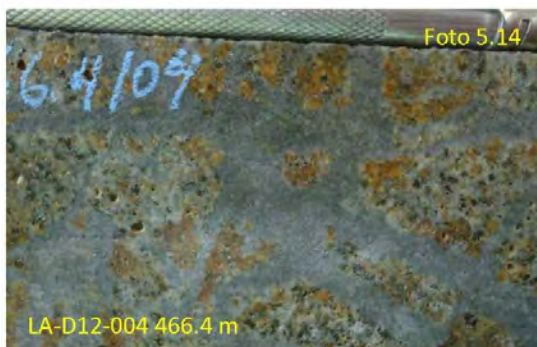


Fig. 1,16 Pórfido principal textura porfirica alteración potásica (2Bt-Ch)

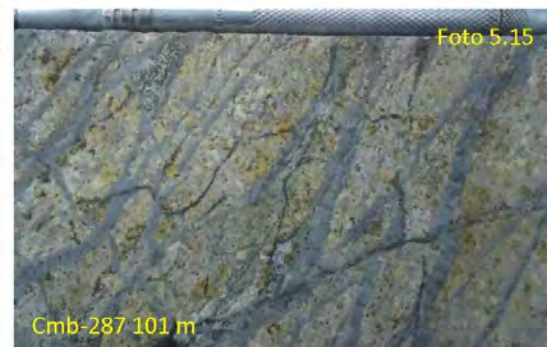


Fig. 1,17 Pórfido principal textura porfirítica alteración fílica (Ser – qtz)

1.6.2.2. Segunda Fase:

1.6.2.2.1 Pórfido Intramineral (IFPA):

Por sus siglas en inglés (*Intramineral Feldspar Porphyry Andesitic*) este intrusivo representa el segundo evento de intrusión el cual conforma el pórfido que tuvo de moderado a escaso desarrollo de mineralización en Cu-Au.

Dentro del pórfido Intramineral se presenta hasta tres eventos intraminerales (Foto 5.16-5.19) los cuales fueron determinados por las dataciones radiométricas (Tabla 5.1) y por las evidencias en el logueo geológico (relaciones de corte entre una y otra fase (Foto 5.20-5.25). La diferencia entre uno y otro evento está dada por la intensidad de mineralización, venilleo de cuarzo, texturas y contenido mineralógico.

El pórfido Intramineral genera truncamiento de venillas en contacto con el pórfido Principal (Foto 5.24-5.27), inclusive presenta en algunos casos zonas de enfriamiento. Es muy común encontrar cuarzo refractario (propias de venillas), bloques del MFPA englobados por el

IFPA.

Las texturas que presentan estos intrusivos son por lo general porfiríticas equigranulares e inequigranulares en matriz microcristalina, también se evidencia la textura faneríticas de manera esporádica.

Los intrusivos presentan principalmente contenidos de plagioclasas, feldespatos, hornblendas y menores biotitas primarias con tamaños variables entre 2-5mm. Este pórfido Intramineral trae consigo el desarrollo de venillas (con intensidad de escasa-moderada) tipo AB, B y D principalmente; también

se evidencian desarrollo de venillas tipo M y de Feldespato potásico en zonas potásicas.

Las dataciones radiométricas tomadas fueron realizadas (de acuerdo a la interpretación del autor) en las diferentes fases intraminerales (Tabla 1,4) los cuales reflejan edades del Oligoceno principalmente.

Tabla 1,4 Dataciones Radiométricas

Muestra	Tipo	Prof.(m)	U-Pb	Fase Intramineral
LA-D11-004	Núcleo	687	24.1±0.55	IFPA-Fase 3
MD-05	Superficie		24.51±0.43	IFPA -Fase 3
07D-LA-324	Núcleo	126.6	24.61±0.49	IFPA -Fase 3
07D-LA-324	Núcleo		24.83±0.69	IFPA -Fase 3
MD-01	Superficie		24.85±0.49	IFPA -Fase 2
LA-D11-004	Núcleo	517	24.86±0.58	IFPA -Fase 2
MD-02	Superficie		24.89±0.68	IFPA -Fase 2
05D-LA-216	Núcleo		25.13±0.53	IFPA -Fase 1
LA-D11-004	Núcleo	800.1	25.22±0.54	IFPA -Fase 1
MD-03	Superficie		25.23±0.39	IFPA -Fase 1

(Universidad de Tasmania , 2011)

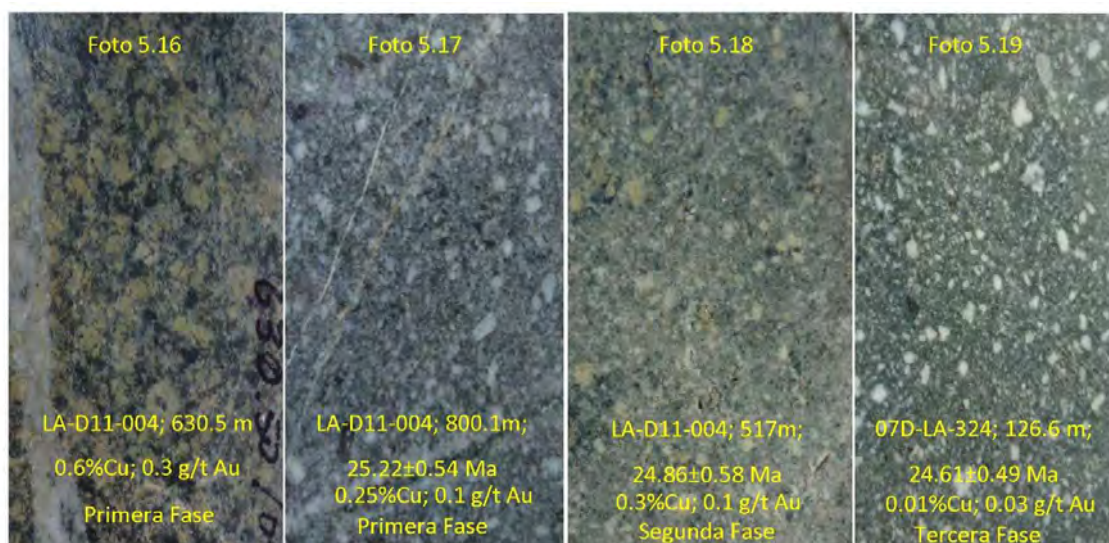


Fig. 1,18 Fases intrusivas intramineral observadas en el pórfido

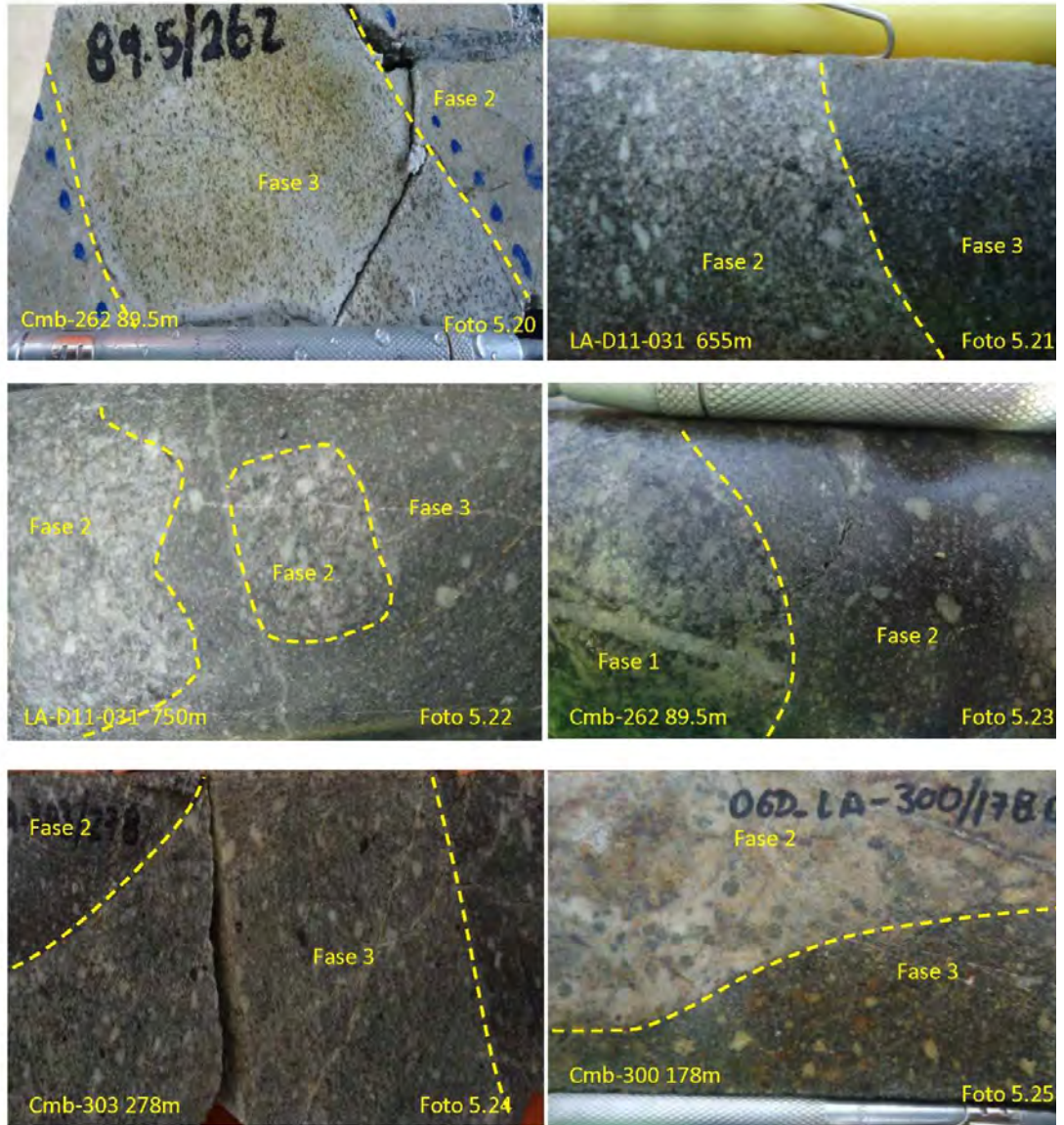


Fig. 1,19 Fases intrusivos intraminerales

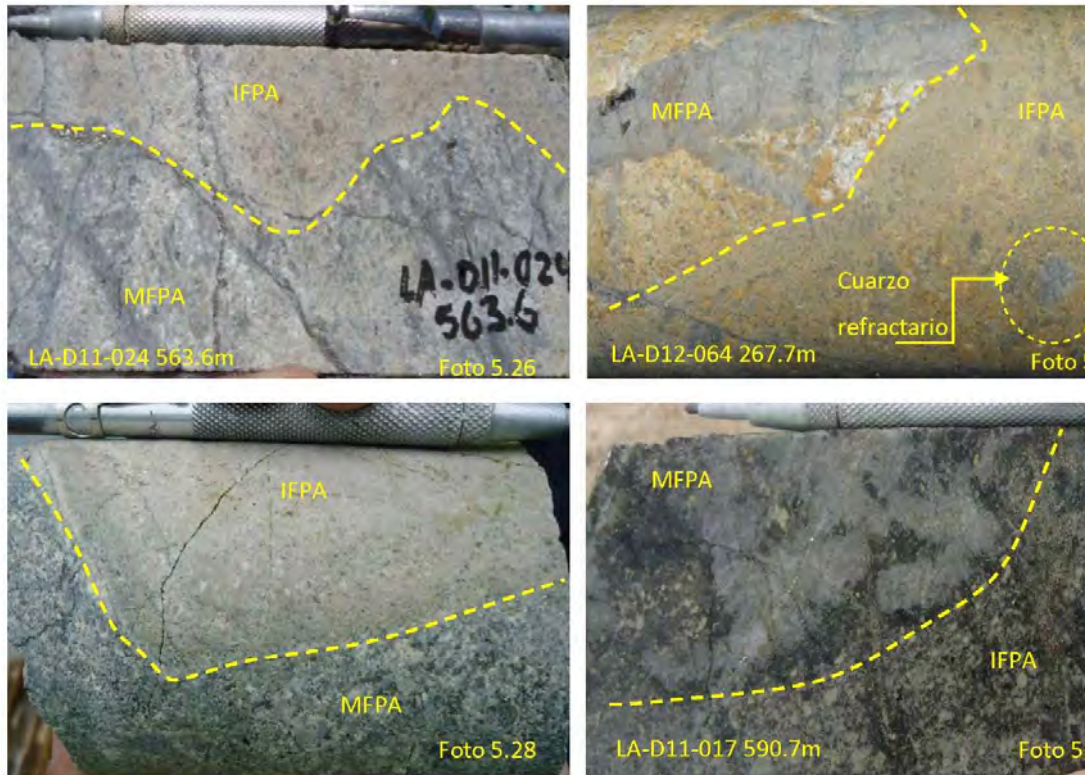


Fig. 1,20 Tipos de contactos encontrados entre el pórfido intramineral



1.6.2.3 Tercera Fase:

1.6.2.3.1 Diques Andesíticos (LFPA):

Por sus siglas en inglés (*Late Feldspar Porphyry Andesitic*) este intrusivo representa el último evento de intrusión el cual está presente en el yacimiento a manera de diques que aparecen en el sector Oeste (Zona de Calaorco y Ethel) y al Este del Pórfido Principal.

Está compuesto por plagioclasas euhedrales y subhedrales principalmente, hornblendas, además de magnetita y en menor proporción presenta feldespatos.

Se presenta con alteración clorítica, propilítica incluso se lo puede evidenciar hasta fresco. Este último evento es por lo general estéril, con débil presencia de sulfuros (pirita).

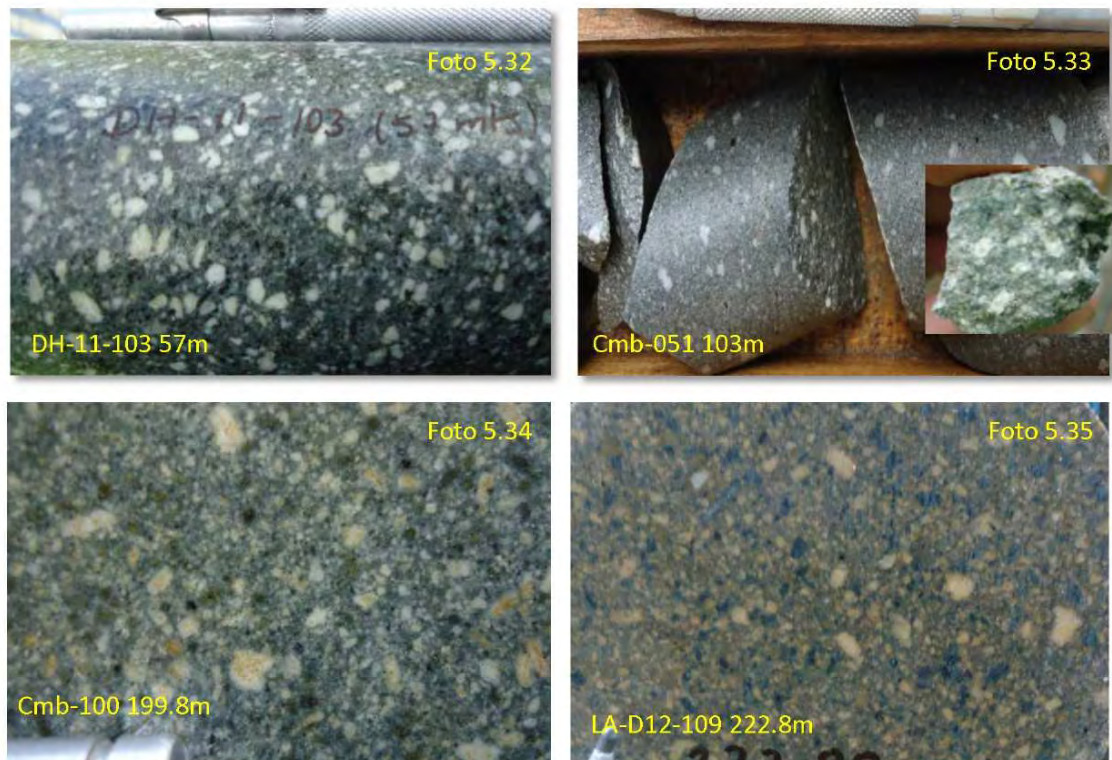


Fig. 1,21 Muestra características de los diques andesíticos tardíos

1.6.3 Brechas

Las brechas que se han desarrollado en el yacimiento (Tanto en el pórfido como en el epitermal de Calaorco), se clasificaron como: brechas mecánicas e hidráulicas.

Las Mecánicas están mayormente referidas a las brechas tectónicas (evidenciadas en el pórfido). Las brechas hidráulicas están referidas al desarrollo de brechas tipo freáticas, freatomagmaticas e hidrotermales (evidenciadas en el epitermal de Calaorco)

1.6.3.1 Brechas Mecánicas

1.6.3.1.1 Brechas Tectónicas

Las brechas mecánicas clasificadas como tectónicas, dentro del yacimiento han sido sub clasificadas como Monomicticas y Polimicticas, de acuerdo al contenido de clastos que puedan presentar (Intrusivo, areniscas, lutitas, etc.).

Por lo general las brechas tectónicas presentan Clastos soportados subangulosos-subredondeados, en matriz de polvo de roca, muchas veces con tonalidad oscura, debido a la pirita fina molida y a la coloración que proporcionan las lutitas carbonosas. En algunos casos la matriz se presenta con tonalidad blanquecina (en el caso de que las brechas se desarrollen en areniscas).

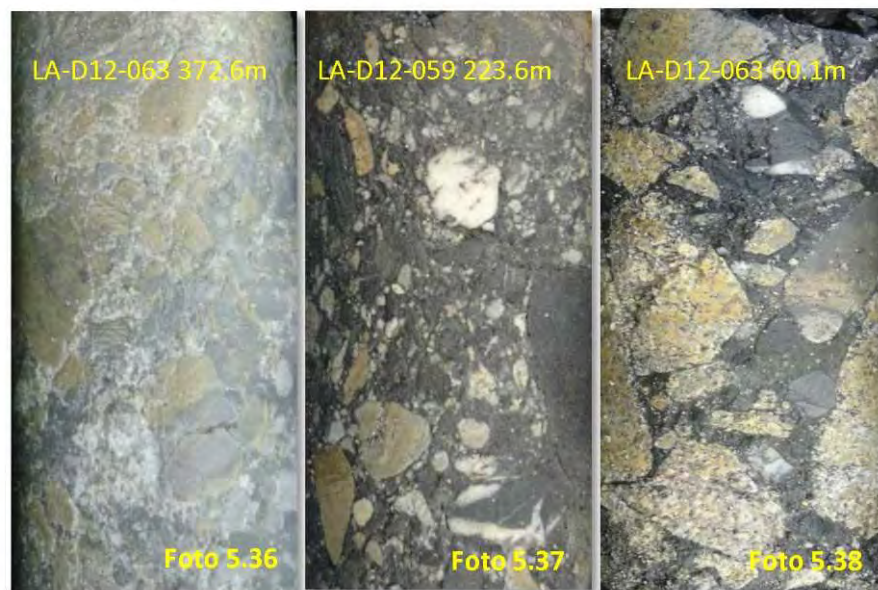


Fig. 1,22 Brechas Monomicticas.

1.6.3.2 Brechas Hidráulicas

1.6.3.2.1 Brechas Freáticas

Desarrollada en las areniscas de la Formación Chimú, se presenta en la zona del Epitermal de Calaorco; está compuesta principalmente por fragmentos de arenisca en matriz de polvo de roca propia de las areniscas. Los Clastos son por lo general subangulosos en matriz soportada. Por lo general es monomíctico. Las Brechas freáticas no presentan mineralización, son por lo general estériles.

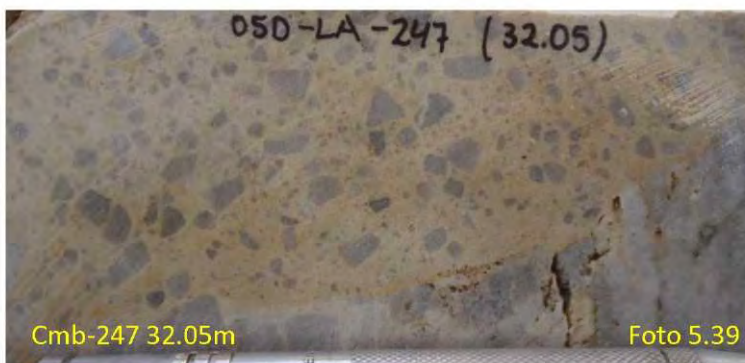


Fig. 1,23 Típica brecha freática

1.6.3.2.2 Brechas Freatomagmáticas

Las brechas freatomagmáticas no son muy comunes dentro del yacimiento, por lo general se presentan como pequeños canales en el sector oeste del pórfido, cerca al contacto con las areniscas de la Formación Chimú en la zona de Calaorco y Ethel.

Por lo general son polimícticas, ya que contienen fragmentos de areniscas, lutitas y clastos juveniles deformados, alargados propios del pórfido. Este tipo de brecha presenta escasa mineralización.

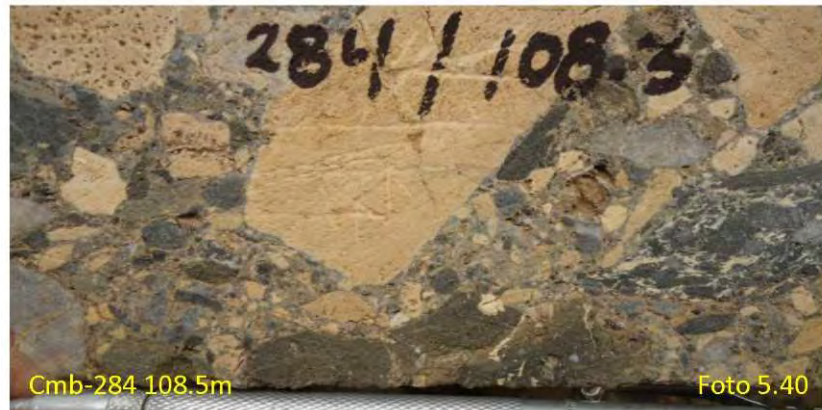


Fig. 1,24 Brecha freatomagmaticas, clastos de areniscas

1.6.3.2.3 Brechas Hidrotermales

Están referidas al evento de mineralización de Au del Epitermal de Calaorco. Por lo general están desarrolladas en areniscas de la Formación Chimú. Las brechas hidrotermales están compuestas por fragmentos de areniscas angulares y pueden gradar de matriz soportada a clasto soportado. La matriz es por lo general óxidos de fierro, con predominio de goethita, jarosita y hematita. En zonas profundas las brechas presentan matriz de sulfuros compuestas por pirita, enargita y menor covelita.

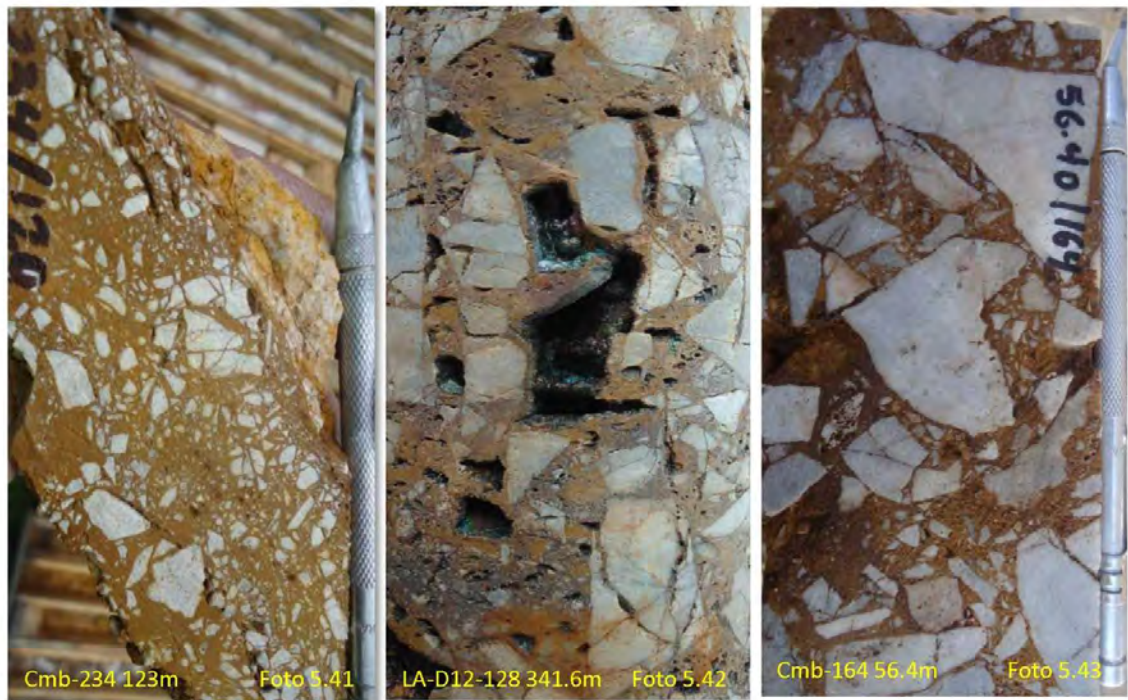


Fig. 1,25 Brechas hidrotermales en matriz de óxidos de hierro

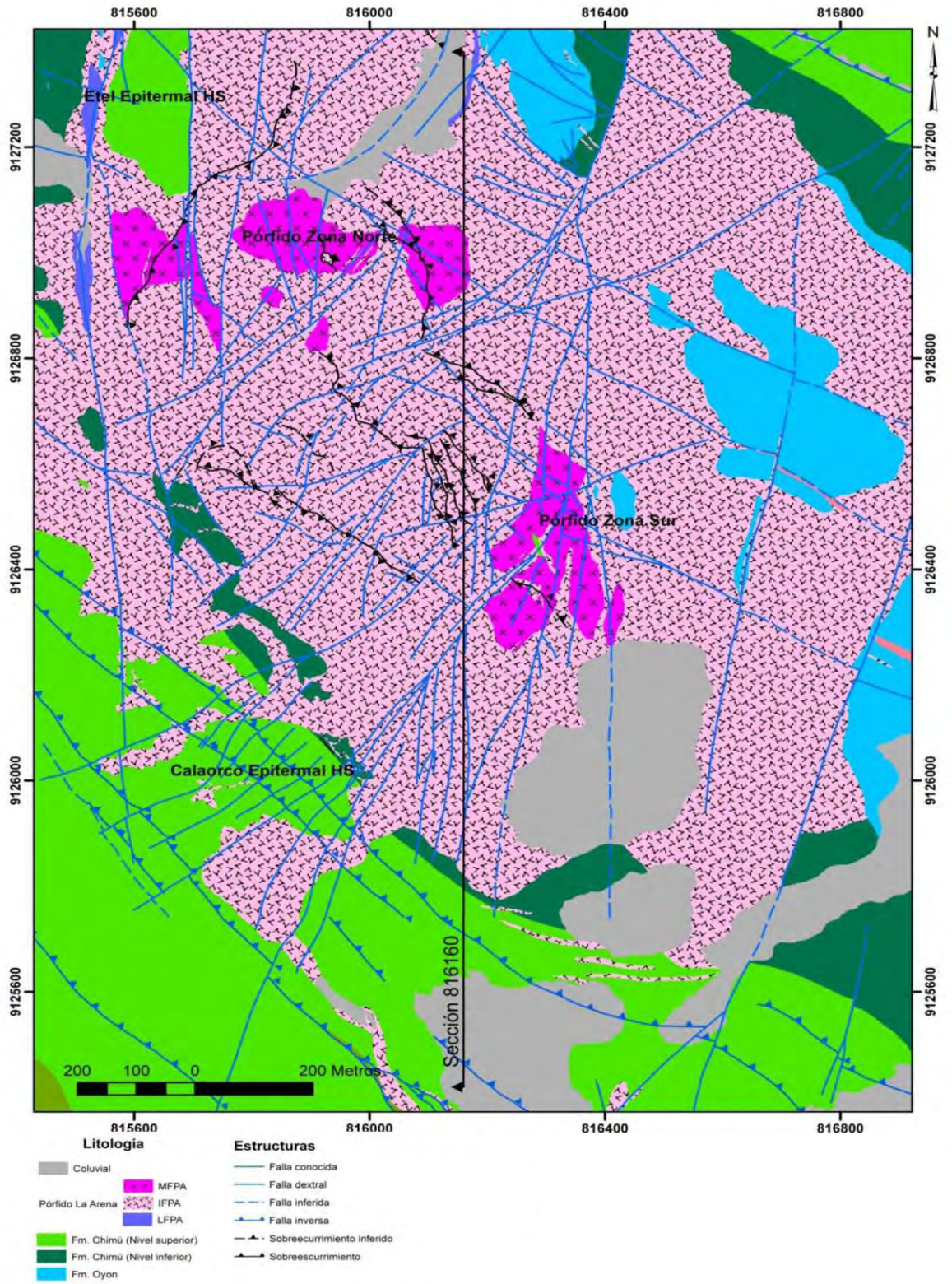


Fig. 1,26 Plano Geológico Local

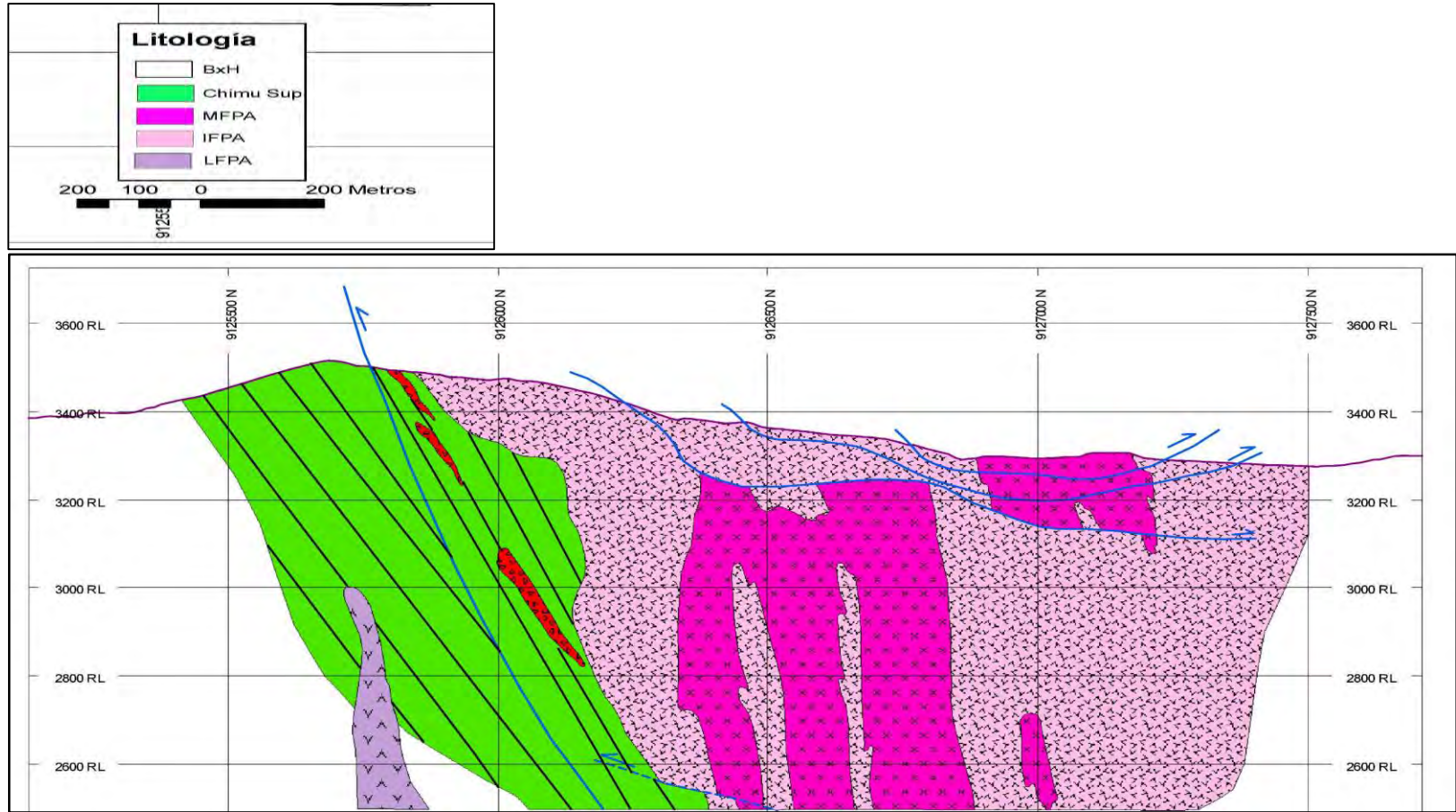


Fig. 1,27 Sección litológica 816160

1.6.4 Alteraciones

Las alteraciones en el pórfido La Arena se presentan con un núcleo potásico, asociado al Pórfido Principal (MFPA) e Intramineral (IFPA). La alteración propilítica está más referida a los diques tardíos (LFPA) y a zonas muy distales del pórfido Intramineral (IFPA). La alteración fílica, se presenta como sobreimpresión de la alteración potásica, es la alteración más extensa en el yacimiento. En zonas más superiores y hasta en superficie se presenta la alteración argílica. La alteración argílica avanzada, está referida principalmente al Epitermal de Calaorco y Ethel, aunque existen dentro del pórfido sobreimpresiones de esta alteración (desarrollados principalmente por estructuras de alta sulfuración que cortan al pórfido). El desarrollo de la alteración argílica avanzada en el pórfido es un tema que requiere de un estudio más profundo.

1.6.4.1 Alteración Potásica

La alteración potásica está asociado al pórfido Principal e Intramineral y se la encuentra en la zona Norte del yacimiento y con remanentes en la Zona Sur. No presenta afloramientos en superficie. En la zona Norte se presenta pasando la falla de

Cabalgamiento "Gouge" a aproximadamente 150 metros de profundidad, sin embargo en la zona Sur puede estar a más de 500m de profundidad.

El ensamble mineralógico de esta alteración está compuesto por: Biotita Secundaria +/- Magnetita-Feldespatos Potásico +/- Clorita* - Esméctica**

*La clorita se presenta muchas veces en la transición de la alteración fílica a la potásica como alteración de las biotitas secundarias.

** Al igual que la clorita, la esméctica también aparece muchas veces en la transición de la alteración Potásica como alteración de la clorita y biotita secundaria a arcillas.

Con respecto a la mineralización en la alteración potásica se presenta con diseminación de Cpy y Py, con variación en intensidades.

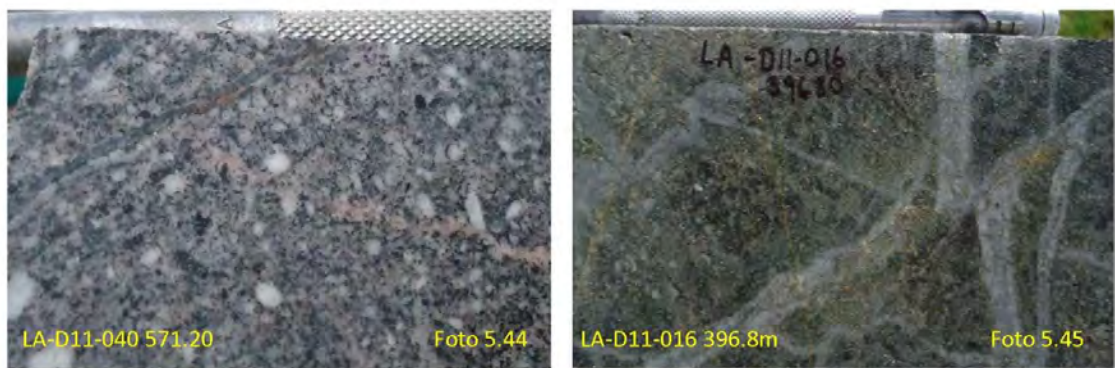


Fig. 1,28 Alteración Potásica

1.6.4.2 Alteración Propilítica.

La alteración Propilítica, se presenta en los diques tardíos principalmente (LFPA), y escasamente dentro del pórfido Intramineral (IFPA).

El ensamble mineralógico de esta alteración está compuesto por:

Clorita-Epidota-Calcita-Anhidrita

Dentro de los diques el mineral que mayormente predomina es la clorita, escasamente se observa epidota.

Como ya se ha mencionado dentro de esta alteración la mineralización es prácticamente nula.



Fig. 1,29 Alteración propilítica

1.6.4.3 Alteración Fílica

La alteración Fílica, se presenta sobre la alteración potásica y es la más extensa dentro del yacimiento, se encuentra asociada principalmente al pórfido Principal (MFPA) e Intramineral (IFPA) Principalmente.

El ensamble mineralógico de esta alteración en el yacimiento está dado por:

Illita+/-Sericita+/-Kaolinita+/- Cuarzo-Esmectita* *La esméctica también está referida a la alteración potásica ya que está presente en la transición de alteración fílica a la potásica, por la cual muchas veces se la asocia también a la alteración fílica.

Con respecto a la mineralización, la alteración fílica presenta desarrollo de mineralización de Cpy y Cc principalmente. La mineralización se presenta asociada al desarrollo de venillas de cuarzo y menor a las venillas tipo D. Son escasos los sectores donde la mineralización con Cpy se presenta diseminada. La Cc está asociada a zonas mixtas y de enriquecimiento

supérgeno, muchas veces se presenta asociado a estructuras y diseminada asociado a la Py y Cpy.

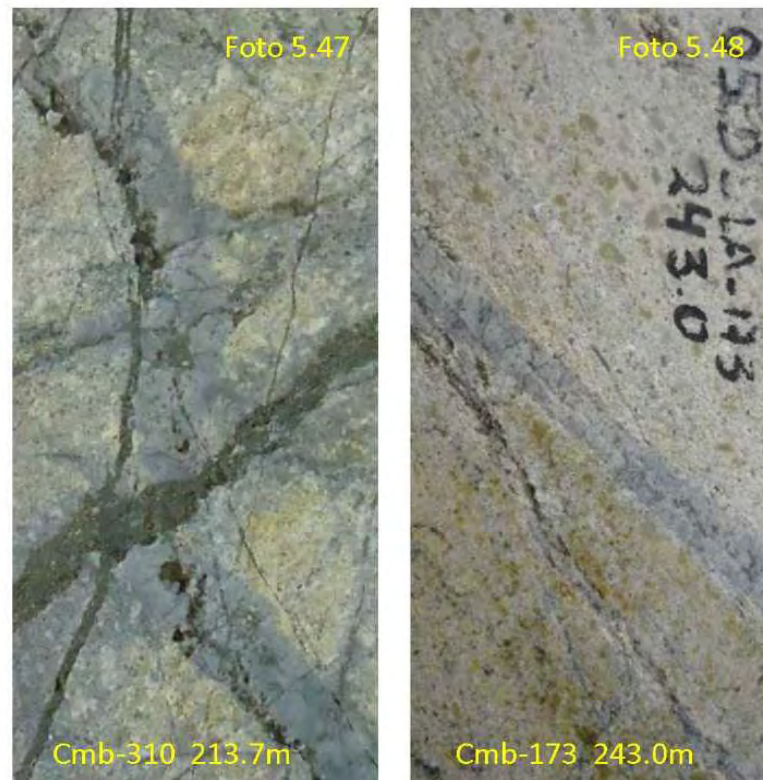


Fig. 1,30 Típica alteración filica en el pórfido principal

1.6.4.4. Alteración Argílica

La alteración Argílica está desarrollada principalmente sobre la alteración filica y la potásica. Esta alteración está asociada a todas las fases intrusivas del yacimiento.

El ensamble mineralógico de esta alteración en el yacimiento está dado por:
Kaolinita+/-Illita

Con respecto a la mineralización, solo se ha podido evidenciar mineralización por enriquecimiento supergeno (asociado a Cc) y menor en zonas mixtas, presentes en la zona norte del pórfido.

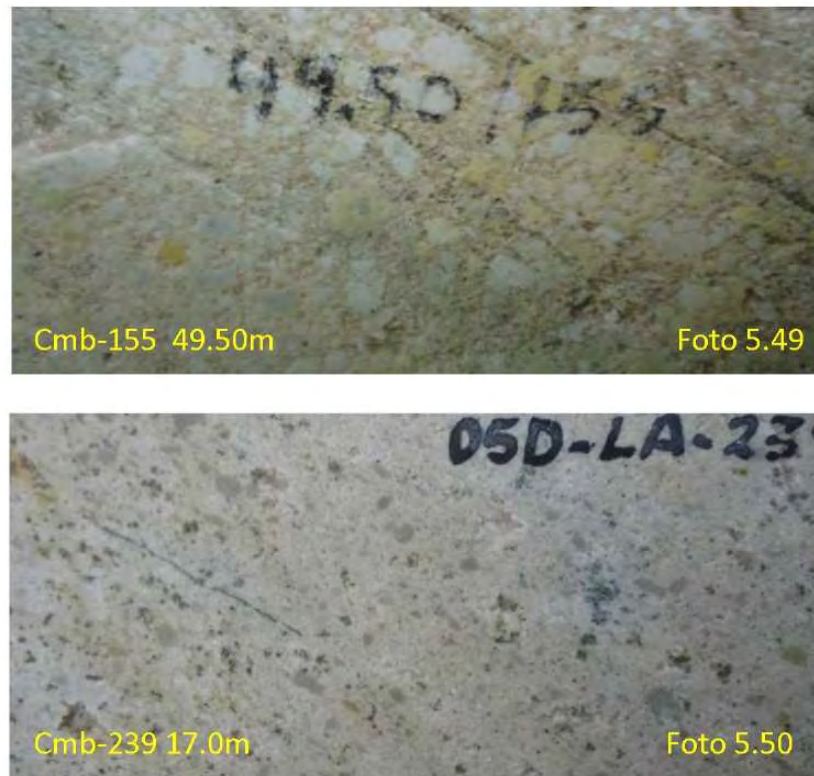


Fig. 1,31 Alteración argílica

1.6.4.5 Alteración Argílica Avanzada

La alteración Argílica Avanzada, presenta su mayor desarrollo en el Epitermal de Calaorco y Ethel. Dentro del pórfido se presentan sobreimpresiones propias del Epitermal, las cuales presentan un control principalmente estructural.

El ensamble mineralógico de esta alteración en el yacimiento esta dado por:

Alunita+/-Dickita+/-Pirofilita+/-Silice-Kaolinita.

Con respecto a la mineralización, la alteración Argílica avanzada tiene relación con la mineralización de Au en Calaorco y Ethel; en el pórfido existen esporádicas estructuras con presencia de sílice vuggy con pirita, enargita, óxidos de hierro, con mineralización de Au.

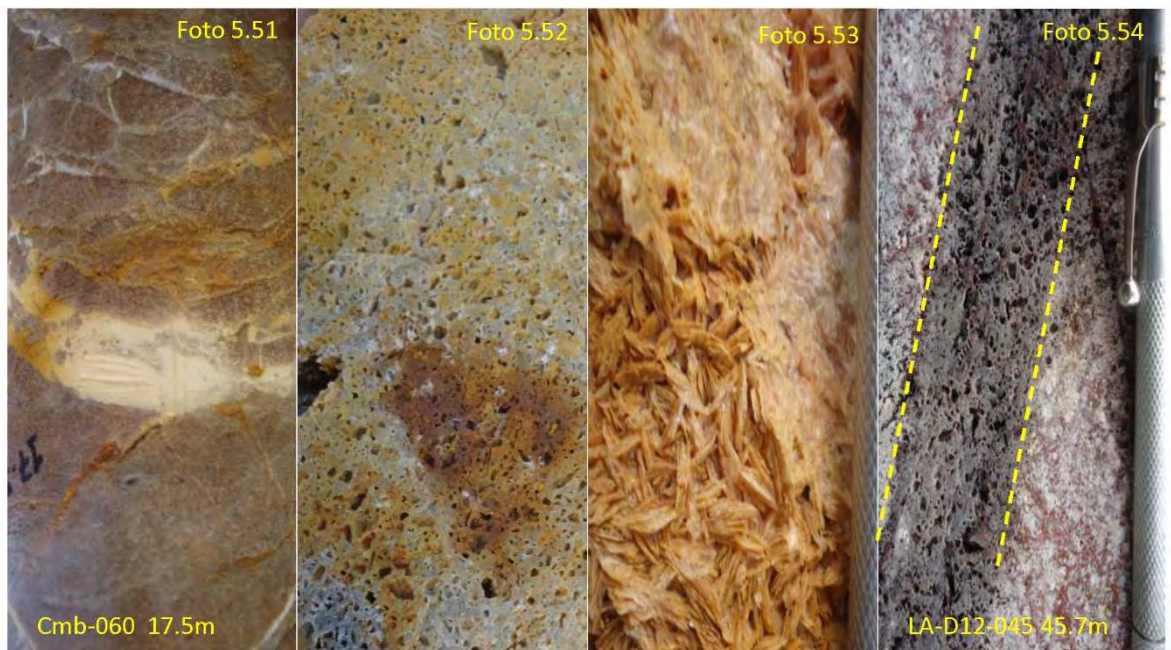


Fig. 1,32 Arenisca oxidada

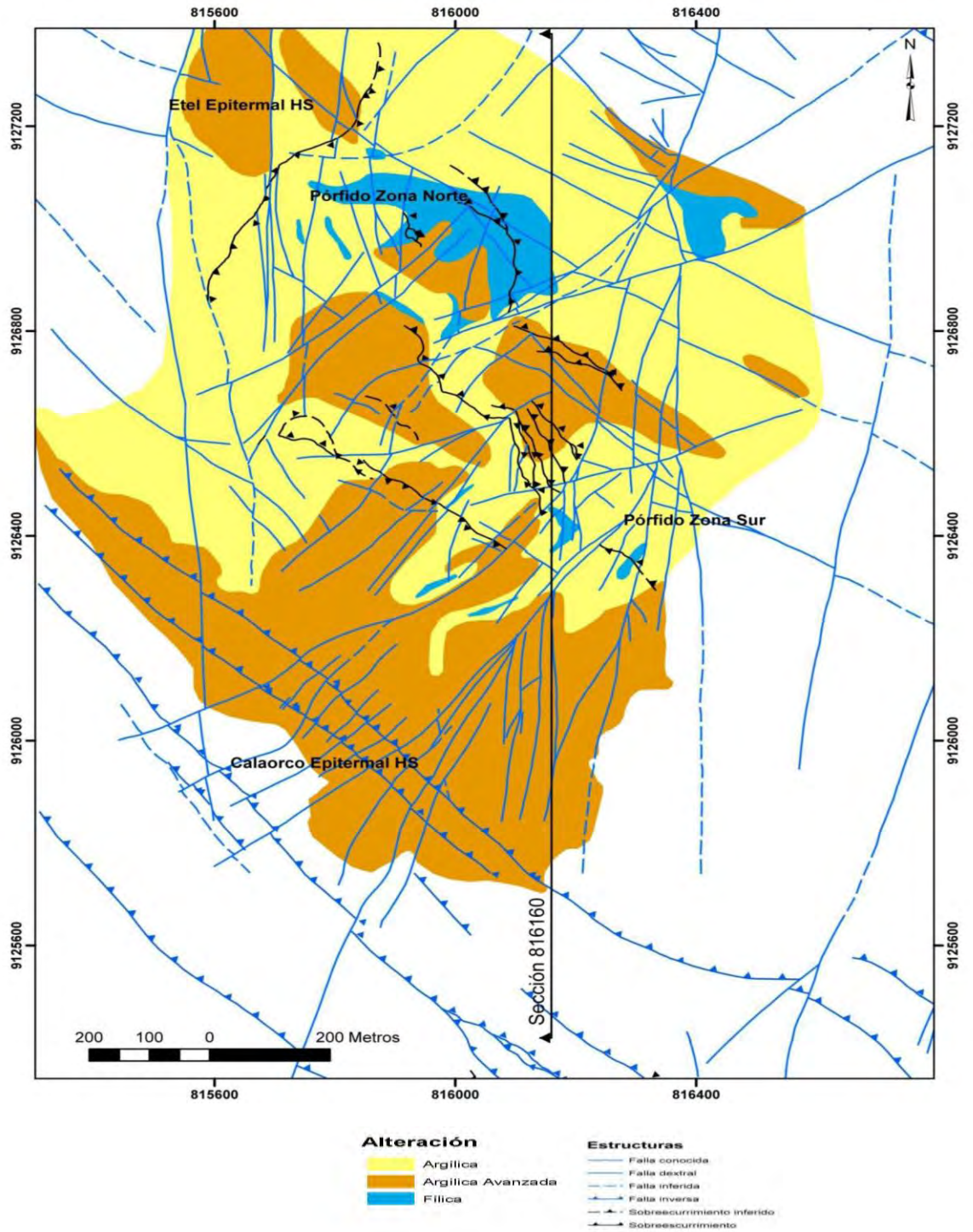


Fig. 1,33 Plano Superficial de alteraciones

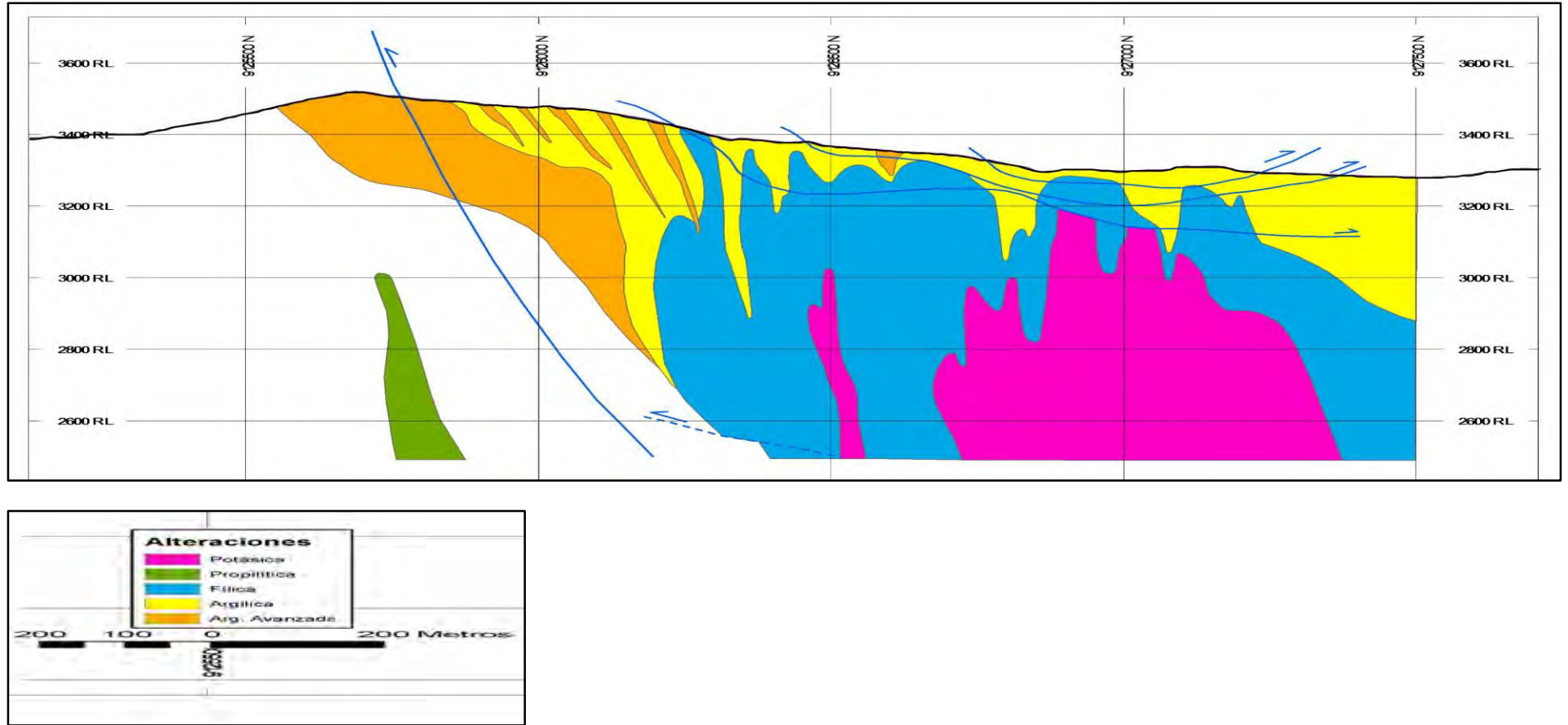


Fig. 1,34 Sección de alteraciones 816160

1.6.5. Venillas Características Del Pórfido La Arena

1.6.5.1 Venillas M

Caracterizadas por la presencia de magnetita principalmente, pueden ser sinuosas o rectas y son cortadas por otras venillas, sin embargo, se ha evidenciado zonas donde este tipo de venillas cortan a las del tipo A principalmente. Éste tipo de venillas se asocia al pórfido Principal (MFPA) e Intramineral (IFPA) Estas venillas pueden presentar cuarzo asociado a la magnetita. Es posible encontrar la presencia de Cpy en las venillas de cuarzo-magnetita.



Fig. 1,35 Venilla de magnetita

1.6.5.2 Venillas A

Caracterizada por la presencia de venillas de cuarzo sinuosas, pueden ser finas o pueden alcanzar hasta 1.5 cm de espesor; estas venillas pueden contener en zonas potásicas feldespatos potásicos. Éste tipo de venillas se asocia principalmente al pórfido Principal (MFPA) y menor al pórfido Intramineral (IFPA)

Estas venillas presentan diseminación de Py y Cpy.



Fig. 1,36 Venilla sinuosas de cuarzo de tipo A

1.6.5.3. Venillas AB

Son consideradas como transicionales entre las venillas A y las B, estas venillas cortan a las venillas tipo A, son rectas y están compuestas por cuarzo granular, con sutura de sulfuro (Py, Cpy) en el centro. Presenta Py y Cpy diseminada en los intersticios de cuarzo granular. Este tipo de venillas se asocia al pórfido Principal (MFPA) e Intramineral (IFPA)



Fig. 1,37 Venilla tipo B cortando las venillas

1.6.5.4 Venillas B

Son rectas, su desarrollo en el yacimiento es escaso, están asociadas al pórfido Intramineral (IFPA) y escasamente al pórfido Principal (MFPA). Este tipo de venillas son rectas y cortan a todas las venillas descritas anteriormente. Están compuestas principalmente de Cuarzo granular, con sutura de sulfuros (Cpy, Py, Mo), y Mo en las paredes de la venillas, muchas veces diseminada en la venilla junto con la Cpy y Py.

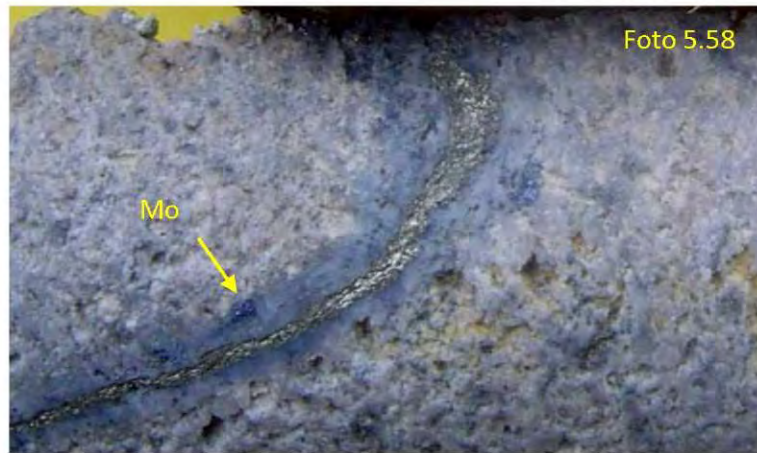


Fig. 1,38 Venilla tipo B

1.6.5.5 Venillas D

Las venillas tipo D, son venillas rectas, y cortan a todas las venillas descritas anteriormente. Las venillas del tipo D están compuestas de Py y Cuarzo+Py y esporádicamente presentan esfalerita.



Fig. 1,39 Venilla tipo D

1.6.5.6. Zonas Minerales Del Pórfido La Arena

1.6.5.6.1 Zona de Óxidos (Leach Cap)

En el Pórfido, corresponde a la capa de óxidos de hierro, el cual está compuesto principalmente de Hematita+/-Goethita.

La profundidad de esta varía hasta los 0-40 metros.

1.6.5.6.2 Zona de Enriquecimiento Supérgeno

Esta se desarrolló principalmente en la zona Norte asociado al pórfido Principal (MFPA) e Intramineral (IFPA). Se presenta luego de la Zona de Óxidos (Leach Cap). El sulfuro predominante dentro de esta zona es la Cc, asociada con la Py, menor Cpy y débil a escasa Cv .

El ensamble característico es Py+Cc+/-Cpy-Cv ó Cc+/-Py

Sólo se ha podido diferenciar esta zona, como es referido, en la zona norte y la máxima potencia es de 120 metros pasando la zona de óxidos.

1.6.5.6.3 Zona Mixta

La zona mixta se presenta luego de la zona de óxidos en la zona Sur y luego de la zona de enriquecimiento supérgeno en la zona Norte del yacimiento.

Está asociado al pórfido Principal (MFPA) e Intramineral (IFPA).

El ensamble característico es Py+/-Cpy-Cc ó Py-Cpy-Cc.

La máxima profundidad que alcanza la zona mixta es de 650 metros.

1.6.5.6.4 Zona Primaria

Referido principalmente a la zona de sulfuros primarios. Esta zona al igual que las demás se asocia al pórfido Principal e Intramineral.

El ensamble característico de esta zona es principalmente Py-Cpy; Py+Cpy; Cpy+Py y zonas de sólo Cpy asociado a zonas potásicas profundas.

1.6.5.6.5 Zona Estéril

Está asociado a las zonas con presencia de solo Py, se presenta en las zonas distales del pórfido Intramineral (IFPA) y en los diques andesíticos (LFPA) donde la Py es escasa.

1.6.5.7 ZONA DEL EPITERMAL DE CALAORCO

1.6.5.7.1 Zona de Óxidos

La zona de óxidos está asociado a goethita, menor hematita y jarosita, el cual se asocia a brechas hidrotermales, también en fracturas y diseminado (Foto 5.58). La zona de óxidos en Calaorco es profunda a diferencia del pórfido y puede llegar hasta los 450 metros de profundidad.

1.6.5.7.2 Zona de Sulfuros

La zona de sulfuros se ubica debajo de la zona de óxidos en el epitermal y está asociada a Py, menor En, Cpy y Cv.

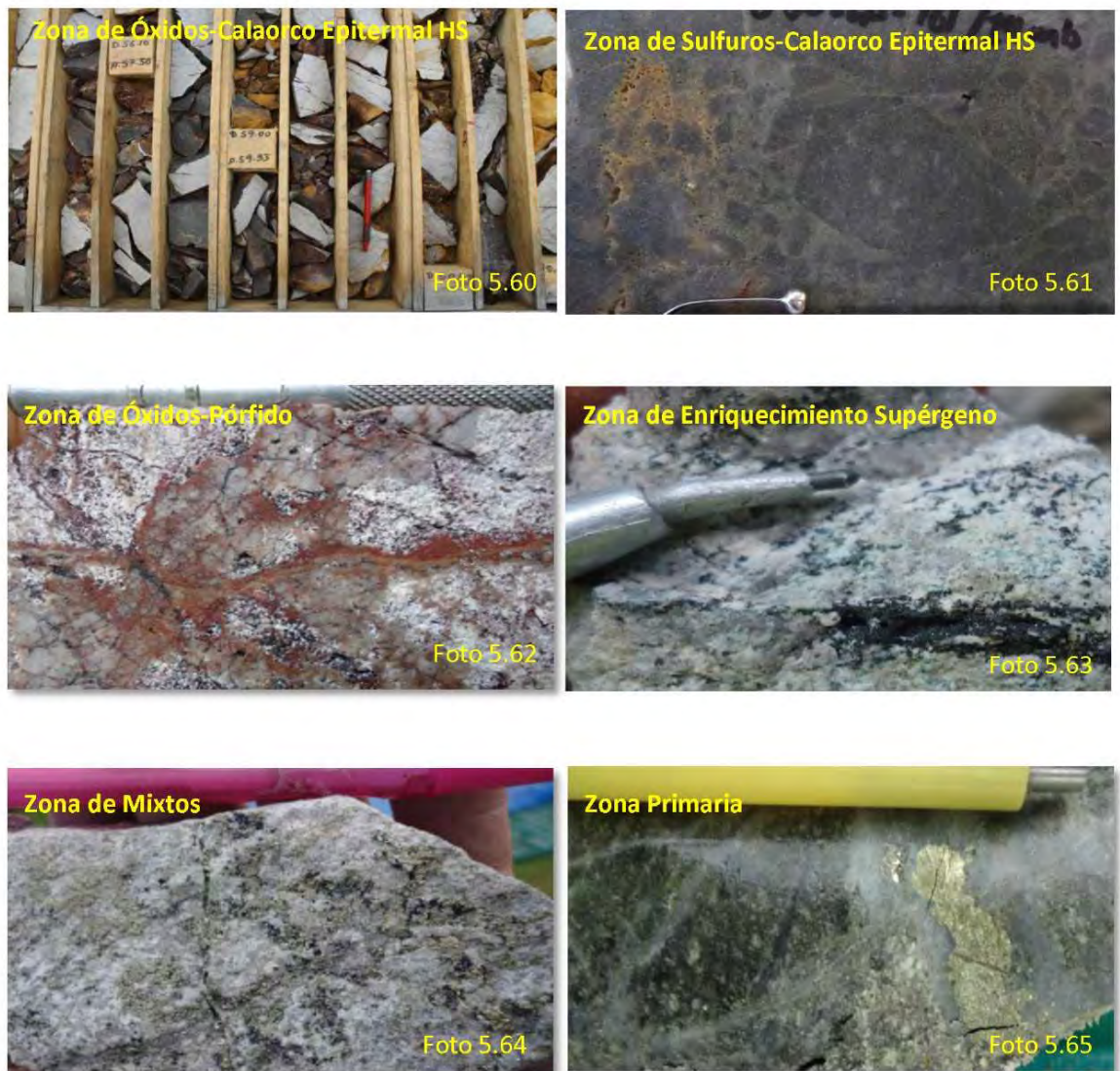


Fig. 1,40 Óxidos en areniscas

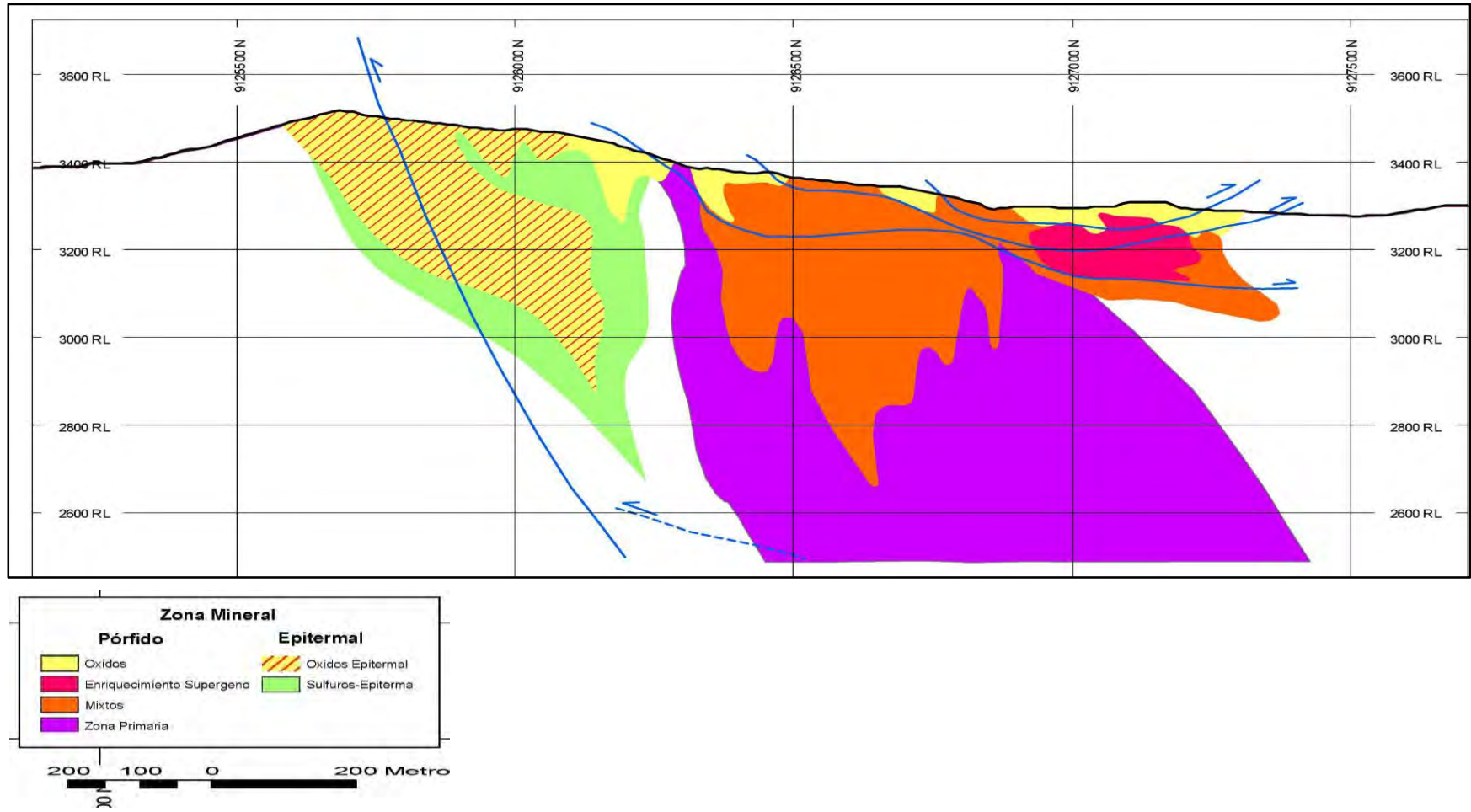


Fig 1,41 Seccion Zonas Minerales

1.7 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

El yacimiento "La Arena", se encuentra estructuralmente en una flexión regional, la cual se caracteriza por un cambio de dirección de los ejes de los pliegues, que en general tienen una tendencia regional andina (NW-SE) y localmente cambia a N-S (Figura 1,41), es ahí donde se encuentra localizado el Pórfido "La Arena" y en su margen occidental, en las areniscas de la Formación Chimú, el yacimiento Epitermal que está siendo explotado actualmente (Sánchez, et al, 2012). Los sistemas estructurales que se presentan en el yacimiento son bien marcados siendo las direcciones preferentes NW, NE y NS, además se presenta la falla de cabalgamiento, la cual es difícil de observar en superficie, por la presencia de cobertura; esta es evidente en taladros y de acuerdo a la interpretación, presenta tendencia hacia el norte con forma pseudo semicircular.

Las tendencias estructurales dentro del yacimiento La Arena son:

- Primera tendencia: NW-SE
- Segunda tendencia: NS
- Tercera tendencia: SW-NE
- Cuarta tendencia: Asociadas a la falla de cabalgamiento tipo gouge.

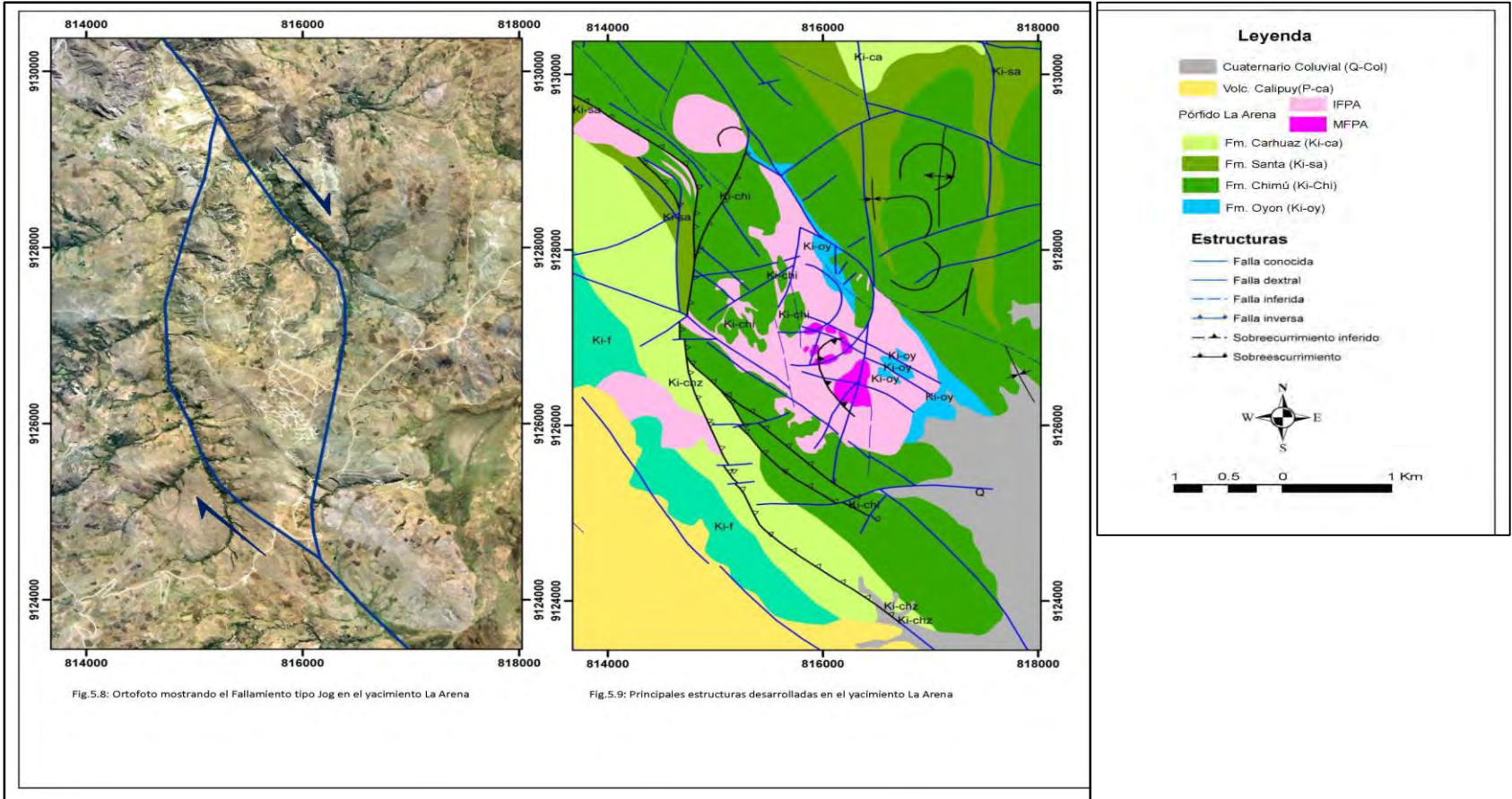


Fig. 1,42 Esquema estructural del yacimiento La Arena

1.8 SISTEMAS ESTRUCTURALES EN EL YACIMIENTO LA ARENA

Dentro de los principales sistemas estructurales se encuentran (Ver Fig. 1,42):

1.8.1 Primera tendencia: NW-SE

Son las fallas más antiguas dentro del yacimiento y son paralelas a las fallas principales Liliana, Esperanza, Marianela y La Negra, tienen comportamiento inverso, pero se ha observado que en algunos sectores tienen comportamiento normal, lo que nos indica que han tenido reactivaciones a lo largo del tiempo. La dirección de éste sistema es $N330^{\circ}-340^{\circ}/070-085^{\circ}$ NE (Sánchez, A., 2012).

1.8.2 Segunda Tendencia: NS

Las fallas de rumbo $N180^{\circ}\pm 10^{\circ}/070^{\circ}$ W (El Alumbre, Ethel, Betti y La Arena), cortan a las anteriores descritas, y tienen un comportamiento dextral. En un sector paralelo a la quebrada Pajablanca se ha encontrado pequeños afloramientos donde existen evidencias de esta falla. Asimismo al Este de la Hacienda Los Otinianos, se observa la continuación de ésta falla, en donde se ha determinado el movimiento (Modificado de Sánchez, A., 2012)

1.8.3 Tercera Tendencia: SW-NE

Este sistema corta a los dos anteriores y su rumbo varía entre $N220^{\circ}-240^{\circ}/045^{\circ}-060^{\circ}$ NW (Falla Calaorco); al norte de la cantera "El Alizar" se observa una familia de fallas normales-dextrales que pertenecen a éste sistema estructural. En la mina, en el cerro Calaorco se observa éste tipo de fallas con el mismo movimiento. Una de las fallas principales es la falla

"Calaorco" que tiene dirección transversal al tajo actual, y se alinea en posición paralela a la Quebrada Calaorco (Sánchez, A., et al, 2012).

1.8.4 Sistema de bajo ángulo (Falla Gouge)

Esta falla es muy difícil detectar en superficie por la presencia de cobertura, sin embargo en algunos cortes de talud presentando mayor notoriedad en los taladros de perforación.

Esta falla generó el desplazamiento de la cúpula del pórfido de la zona Sur, hacia la zona Norte. Tiene rumbo andino y su buzamiento varía entre 10°- 35° hacía el NE, en las relaciones de campo se ha observado que son las fallas que cortan a todos los sistemas de fallas descritos anteriormente (Sánchez, A. et al, 2012).

Esta falla de bajo ángulo es conocida como Falla "*gouge*" , el cual está compuesto por arcillas de tonalidad oscura , asociado con pirita y en algunos casos con calcocita; presenta laminación tipo esquistosidad, además de presentar clastos imbricados del pórfido.

El espesor de esa falla es muy variable, en zonas donde hay un cambio en el ángulo de la falla puede tener una amplitud superior a los 5 metros y en otras zonas presenta un espesor menor a 1 metro.



Fig. 1,43 Cabalgamiento del pórfido intramineral



Fig. 1,44 Falla de cabalgamiento (Falla "gouge")

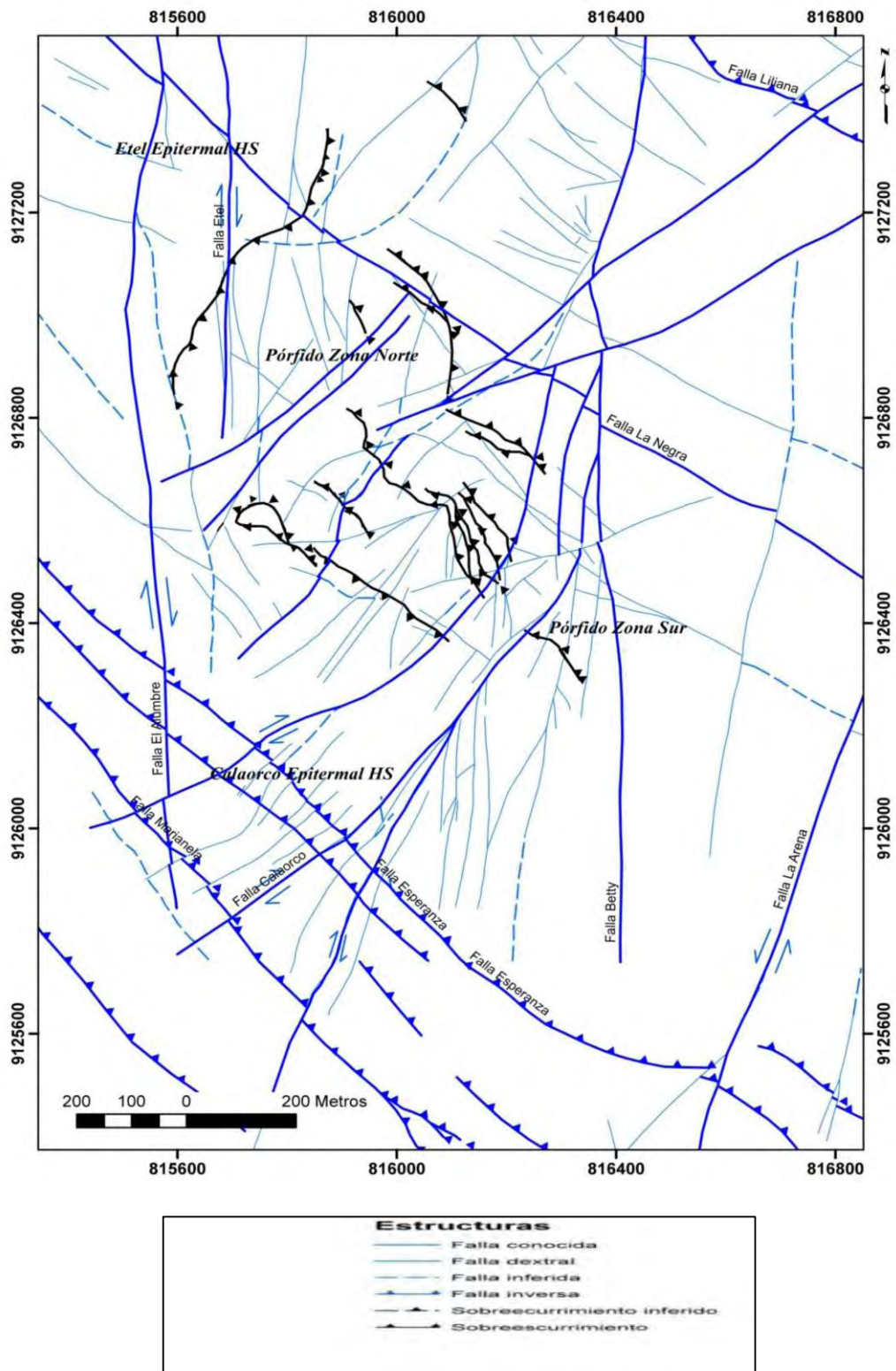


Fig. 1,45 Principales sistemas de fallas en el pórfido La Arena

CAPITULO II

OPERACIONES MINERAS EN MINA LA ARENA

2.1 INTRODUCCIÓN

La operación de minado es realizado a través del método de explotación superficial, en la mina La Arena se producen 52 mil toneladas día, donde el 30% es mineral con una ley promedio de 0.5 g/t y el 70% desmonte.

La mina tiene dos tajos de producción Calaorco y Ethel, siendo el tajo que actualmente se encuentra en explotación Calaorco, Ethel dejó de producir a mediados de marzo del 2014, convirtiéndose en ampliación del PAD de lixiviación.

El material disparado de la zona de óxidos es transportado directamente a los PADs de lixiviación, pues la mina no cuenta con chancadora primaria siendo muy importante la fragmentación entregada.

Se tiene en mina 02 palas Buceyrus (Caterpillar) de 10m³ de capacidad, 24 camiones de 90 a 100 toneladas.

2.2 METODO DE EXPLOTACIÓN:

En mina La Arena se tienen bancos de 8 metros de altura uniando niveles por medio de rampas con gradientes entre 8% y 10%, carreteras o llamados Hall road para el movimiento de los camiones.

El ángulo de talud es de 75° en los bancos.

2.3 EQUIPOS

En mina La Arena se tienen 03 perforadoras se realiza con equipos rotativos en taladros de 8m y 6 1/8 de pulgada de diámetro, en la actualidad cuenta con 03 perforadoras SANDVIK D 245 S (01 de las cuales es equipo de reemplazo).



Fig. 2.1 Equipo de perforación SANDVIK - D245S



Fig. 2.2 Camión Caterpillar de 100 toneladas.

CAPITULO III

EMULSIÓN GASIFICABLE SANG

3.1 INTRODUCCIÓN:

En septiembre del 2005. El ingeniero Gómez de Segura publicó su invento “PROCESO PARA FABRICACIÓN IN SITU DE MEZCLAS EXPLOSIVAS”, en el que se incluía un compartimiento para un sensibilizante químico.

En Mayo del 2006 el químico biomolecular Dr. Gabriel da Silva patenta el invento “Gasificación de explosivos de emulsión con óxido nítrico”.

En el 2006 la empresa de explosivos Enaex, da a conocer el desarrollo de una emulsión sensibilizada químicamente, bombeable denominada Emultex, para Minería Subterránea.

En 2007, Dyno Nobel lanza al mercado y enseña el uso de TITAN 1000G, una emulsión matriz sensibilizada químicamente.

En noviembre del 2008 FAMESA prueba el EMULFRAG, emulsión bombeable químicamente sensibilizada en mina Morococha.

Durante el año 2008 FAMESA desarrolla el SANG y se realiza pruebas en Minera SANTA ROSA registrándose el primer disparo con una emulsión de este tipo en el Perú y se realizaron 04 disparos en todos los tajos en los meses de Noviembre y Diciembre, posteriormente COMARSA, mina LA ARENA quien utilizó el producto hasta fines de marzo del 2014, LA ZANJA y COIMOLACHE en Cajamarca quienes actualmente siguen utilizando el producto en las unidades de Buenaventura.

3.2 SANG: SOLUCIÓN ACUOSA DE NITRATO GASIFICABLE

Es un agente de voladura, producido en base a una solución microscópica oxidante dispersa en una fase combustible continua y estabilizada por un elemento emulsificante. Esta emulsión es sensibilizada en las operaciones mineras o canteras antes de su carguío a los taladros, mediante la dosificación de sales oxidantes químicamente balanceadas, produciendo una mezcla explosiva que presenta como principales características:

- Una densidad que se puede modificar, en función del tipo de roca.
 - Una alta velocidad de detonación.
 - Altamente resistente al agua.
 - Elevada viscosidad.
 - Segura cuando es sensibilizada.
- SANG es un explosivo que se produce justo antes de ser bombeada / vaceada al taladro, mediante una reacción química entre la Matriz SAN gasificable y el sensibilizante denominado Solución N-20.

Componente 1

Matriz SAN inerte, gasificable



Densidad de matriz inerte: 1.38 g/cm^3

Componente 2

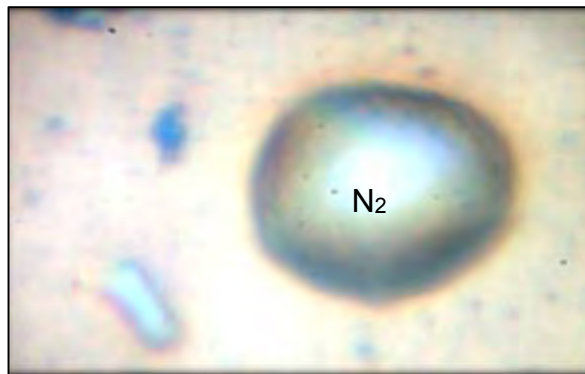
Sensibilizador Solución N20



Densidad 1.12 g/cm^3

N20-SENSIBILIZADOR

Al mezclarse este sensibilizador N20 con la matriz oxidante a la salida del mezclador del camión fábrica se comienza a producir una reacción química, la cual se manifiesta por la generación de burbujas de nitrógeno, convirtiendo a la SANG en explosivo y reduciendo su densidad. El tamaño y la distribución de las burbujas determinan la VOD del explosivo.



Como resultado de la reacción química entre la emulsión matriz inerte y la solución N20, se produce gas Nitrógeno que queda atrapado en burbujas dentro de la matriz, son estas burbujas de Nitrógeno las que sensibilizan la emulsión.

Observamos en la imagen la burbuja de nitrógeno en un fondo de Matriz SAN.

Densidades de la SAN-G = $0.9 - 1.20 / \text{cm}^3$

Velocidad de detonación = 5,200 a 5500 m/s.

AWS (Energía/Masa) = 610 Kcal/Kg.

Excelente resistencia al agua.

Observamos la medición de la densidad, a través del kit de densidades.



Fig. 3.1 Muestra la medición de densidades en mina La Arena

La densidad está en función a la temperatura y concentración de sensibilizante N20, con la cual podemos regular hasta obtener una densidad apropiada para el tipo de dureza de roca que tenemos presente en el terreno.

Especificaciones técnicas establecidas por el proveedor

SAN-G® SOLUCIÓN ACUOSA DE NITRATO GASIFICABLE PARA MINERÍA SUPERFICIAL

Características técnicas

	SAN-G®
DENSIDAD RELATIVA DE LA MATRIZ (g/cm ³)	1,35
DENSIDAD RELATIVA DE LA MATRIZ SENSIBILIZADA (g/cm ³)	0,90 a 1,20
VISCOSIDAD DE LA MATRIZ EN CONDICIONES NORMALES (cP)	13 000
VELOCIDAD DE DETONACIÓN DE LA MATRIZ SENSIBILIZADA * (m/s)	4 600 a 5 500
PRESIÓN DE DETONACIÓN (kbar)	48 a 91
ENERGÍA (kcal/kg)	610
VOLUMEN NORMAL DE GASES (L/kg)	988
POTENCIA RELATIVA EN PESO ** (%)	78
POTENCIA RELATIVA EN VOLUMEN ** (%)	110
RESISTENCIA AL AGUA	Excelente
CATEGORIAS DE HUMOS	Primera
DIAMETRO CRÍTICO DE TALADRO (mm)	76 (3 pulgadas)
TIEMPO DE ESPERA EN EL TALADRO (días)	7

* Confinado en tubo de 4 pulgadas de diámetro.
 ** Potencias relativas referidas al ANFO, con potencia convencional de 100.

Presentación

La SAN-G® es presentada a granel y transportado en forma segura en camiones cisternas.

MANIPULEO Y ALMACENAMIENTO

Los explosivos y accesorios de voladura de FAMESA EXPLOSIVOS S.A.C. son productos seguros, pero en manos inexpertas se constituyen en elementos peligrosos. El adquirente o usuario debe cumplir con lo establecido por las normas correspondientes, al momento de su transporte, almacenaje y uso, así como entrenar debidamente a todo el personal encargado de su manipuleo.

FAMESA EXPLOSIVOS S.A.C. no asume responsabilidad alguna por el transporte, almacenaje y/o uso inadecuado que pudiera darse a los productos. El transporte, almacenamiento, manipuleo y uso debe hacerse en concordancia con las regulaciones y aprobaciones por la autoridad competente. Deben ser almacenados en polvorines ubicados en zonas seguras, protegidos de la lluvia y el calor; y en concordancia con la tabla de compatibilidad vigente de la autoridad competente.

ATENCIÓN

La información y recomendación aquí descrita no cubren necesariamente todas las aplicaciones del producto ni las distintas condiciones bajo las cuales éste sea utilizado. Estas se basan en la experiencia, investigación y pruebas realizadas por Famesa Explosivos S.A.C., quien no garantiza resultados favorables ni asume responsabilidad alguna, expresa o implícita en conexión con el uso de estas sugerencias. Este producto puede ser modificado sin previo aviso.

FAMESA EXPLOSIVOS S.A.C.
 Km. 28 Autopista Ancón - Puente Piedra - Perú
 Km. 57 Panamericana Norte, Incahuasi, Chiclayo
 Producción y Comercialización: (51-1) 61-39800 - 61-39855 - 61-39865
 Fax: (51-1) 61-39806 - 61-39867
 E-mail: famv@sa.famesa.com.pe
 Web Site: www.famesa.com.pe

FAMESA
EXPLOSIVOS

Fig. 3.2 Muestra las especificaciones técnicas de la SANG (Famesa Explosivos S.A.C)

3.3 CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE LA SANG:

- Es un agente de voladura por tratarse de una emulsión inerte, segura para su transporte, almacenamiento y transferencia.
- La sensibilización se produce en el campo, previo vaciado y/o bombeado con el N20 a través del mezclador estático, el cual se ubica a la salida de la bomba justo antes de ser cargada a los taladros, de modo que prácticamente la reacción química se da dentro del taladro.
- Luego de ser cargada en los taladros, la mezcla alcanza la densidad previamente monitoreada con el kit de densidades al cabo de 30 minutos.
- La densidad de la SANG varía de 0.9 a 1.2 g/cm³ y puede ser regulada en función de la concentración del N20, teniendo en cuenta la dureza de la roca, así como la presencia de agua.
- Al tener un alto VOD y volumen de gases, es posible ampliar las mallas de perforación y con ello reducir el factor de potencia y los costos relacionados.
- Longitud de carga inicial vaciada dentro del taladro se esponja hasta en un 25% en los 30 minutos siguientes al vaciado.

ESQUEMA DE FÁBRICACIÓN

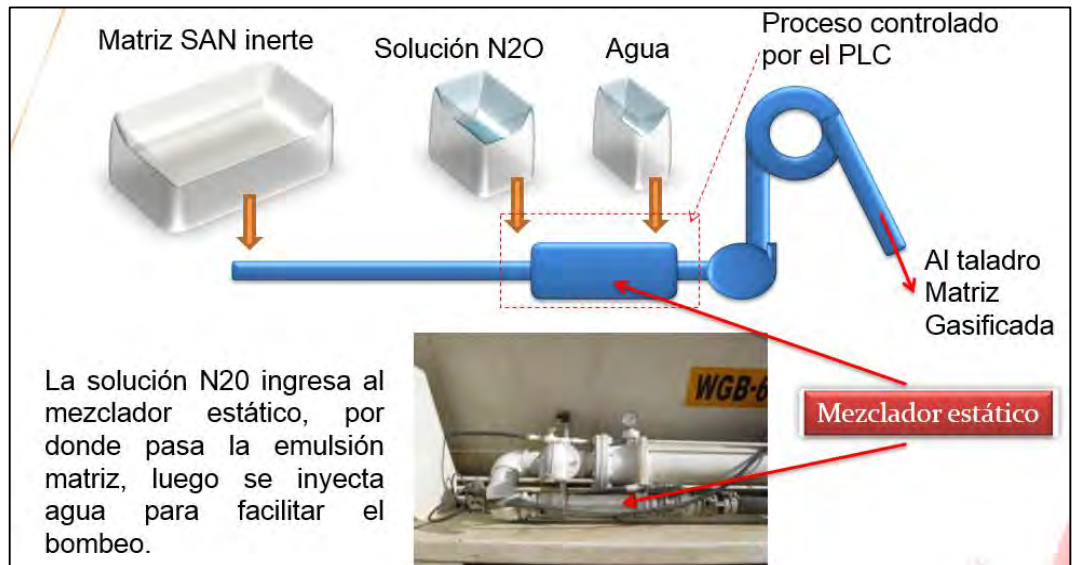


Fig. 3.3 Muestra el proceso SAN Gasificado en el camión fábrica (Famesa Explosivos S.A.C)

3.4 PROCESO DE GASIFICACIÓN

Iniciado el proceso de carguío del taladro, el explosivo se va esponjando como resultado de la reacción química que se produce entre la emulsión matriz gasificable y el N₂O, la cual se manifiesta por la generación de burbujas de nitrógeno, la que al momento de la detonación trabajan como “puntos calientes”, iniciando su detonación y propagando la onda de detonación a lo largo de la columna explosiva. Este proceso de esponjamiento conlleva a una disminución de la densidad en el tiempo, el cual se evidencia al sobrepasar el volumen del recipiente que lo contiene.

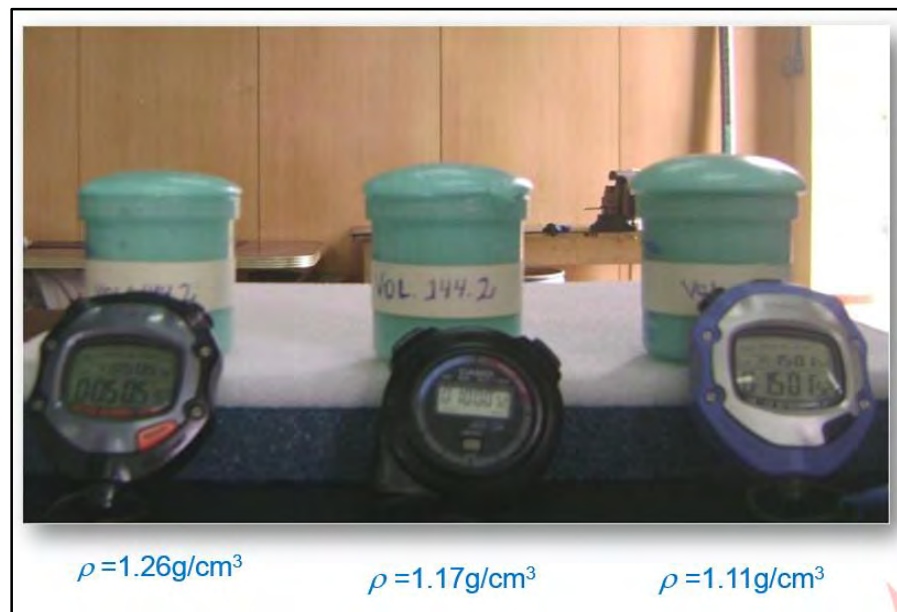
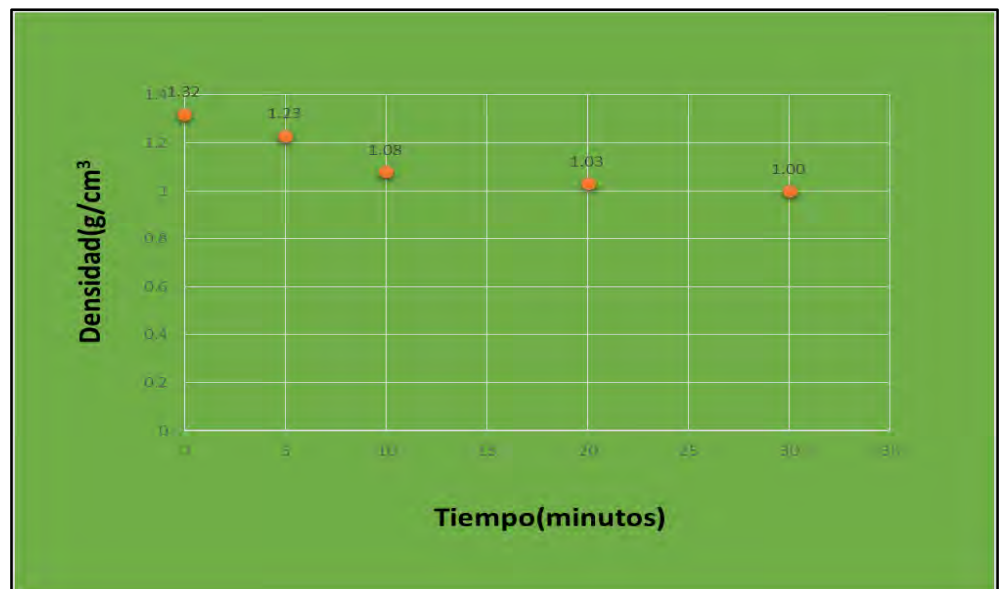


Fig. 3.4 Muestra el proceso de esponjamiento y disminución de la densidad (Famesa Explosivos S.A.C) a los 5,10 y 15 minutos.

Curva de gasificación con 1.0% de N₂O en diámetro de 6 1/8 de pulgada a 25°C



3.5 SISTEMA DE GASIFICACIÓN DEL CAMIÓN-FÁBRICA

Los camiones fábrica para SANG, están acondicionados con un sistema de gasificación, que consta de un mezclador estático y un controlador lógico programable (PLC), para medir las variables del proceso como son:



Fig. 3.5 Muestra la imagen de un camión fábrica, fabricando SANG (Fuente Mina La Arena-Tajo Calaorco)

3.5.1 Temperatura y densidad de la emulsión gasificable.

Se considera como temperatura normal de trabajo de 0°C a 40°C y 1.38 g/cm^3

3.5.2 Porcentaje de sensibilizante

La cantidad de sensibilizante está en función de la temperatura de la mezcla, es decir a mayor porcentaje de temperatura y sensibilizante obtendremos una menor densidad final del gasificado y a menor temperatura y sensibilizante

obtendremos una mayor densidad final, de allí la versatilidad del producto y el conveniente control de la densidad según el tipo de roca que tengamos en el terreno.



Fig. 3.6 Muestra la imagen del abastecimiento al camión del N20 y el almacén de los cilindros del nitrito (Fuente Mina La Arena-Tajo Calaorco)

3.5.3 Densidad de la Emulsión Gasificada

La densidad final de trabajo después de 30 minutos de vaciado al taladro de cargado está entre 0.95 y 1.08 g/cm^3 , dependiendo de tipo de roca con la que nos encontremos en campo.

Para rocas suaves necesitamos una densidad de 0.95 g/cm^3 y para rocas duras como una arenisca 1.08 g/cm^3 .



Fig. 3.7 Muestra una imagen donde se utilizó SANG con una densidad de 1.05 g/cm³ en una Arenisca (Fuente Mina La Arena-Tajo Calaorco).

3.5.4 Tiempo de Gasificación

Es el tiempo que transcurre desde que la emulsión gasificable se mezcla con la solución sensibilizante hasta que la densidad de la mezcla se estabiliza dentro del taladro, esto es aproximadamente durante los primeros 30 minutos.

Una vez el explosivo dentro del taladro hemos podido verificar su eficiencia hasta por un periodo de 30 días, esto tuvo lugar al realizarse una huelga en la comunidad y dejar de disparar un proyecto por el tiempo antes mencionado. Al retornar a las operaciones disparamos el proyecto antes mencionado y obtuvimos una voladura con buenos resultados.

3.5.5 Diseño de Voladura en JK SIMBLAST.

Para la detonación de un proyecto de voladura es necesario presentar a mina un diseño de cómo va a ser iniciado, para lo cual presentamos con un día de anterioridad la simulación del disparo en JK SIMBLAST.

Podemos apreciar aquí la iniciación y la distribución de la onda de choque a través de los tubos de detonación o faneles, así como las líneas de los isotiempos que a su vez nos indican como se irá desplazando en material a medida que van detonando los taladros.

Este es un amarre cotidiano solicitado por la minera en todos los proyectos de voladura.

3.5.6 Control De La Perforación.

Controlamos la perforación de los taladros a través del “wincheo” de los taladros, verificando longitud, presencia de agua y alguna dificultad en el recorrido del mismo como un tapado debido a la caída de una roca, etc.

Esto se hace con la debida anticipación para poder reperforar o perforar un taladro paralelo de ser necesario.

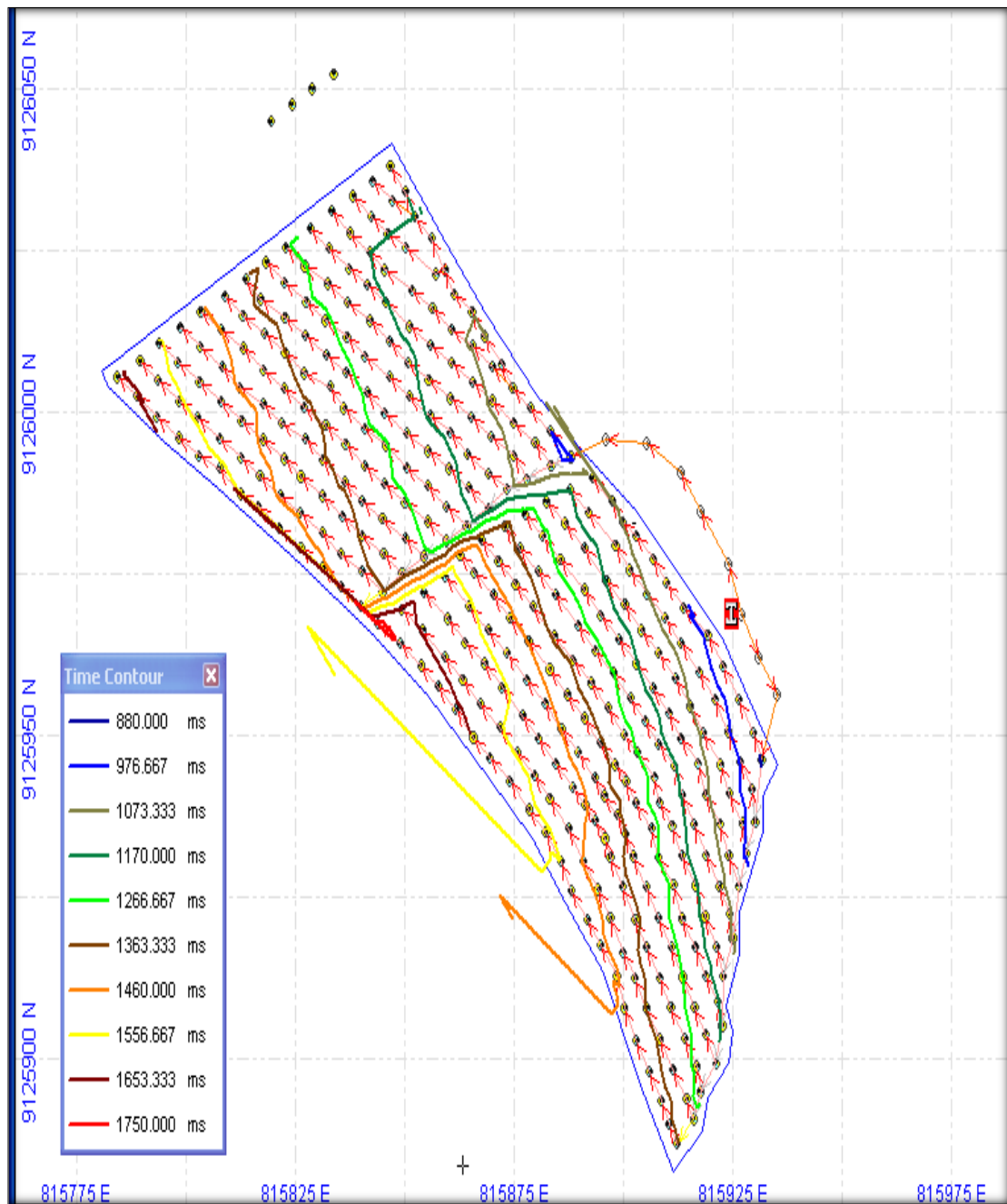


Fig 3,8 Plano de Amarre de Proyecto de Voladura -Proyecto N° 197 (21-12-2013)

Mina La Arena.

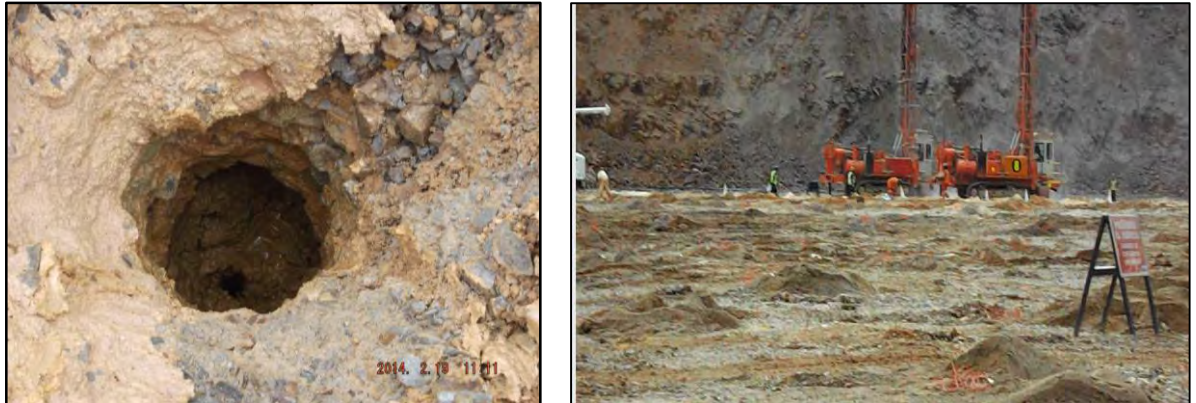


Fig. 3.9 Muestra una imagen de un taladro tapado y los equipos de perforación SANDVIK.

PROYECTO N° C197		Servicio Integral Voladura OPERACIONES TAJO ABIERTO	
REPORTE DE DISPARO			
Disparo Primario		Explosivos	
Preparado por	C HUANGAL	Booster 1lb (pza)	351
Fecha	21-12-13	Dinamita (und)	
Hora	13:00 horas	Cordon detonante (m)	0
Proyecto	C197	Mecha lenta (m)	0
Nivel	3488	Accesorios	
Banco	3480	FANEL Dual 14m 800/17	362
Tajo	Cala Orco	FANEL Dual 14m 800/25	17
Zona	Fase II	FANEL CTD	
Tipo de roca	Arenisca	35ms	
Densidad	2.5	42ms	8
Taladros		65ms	2
Malla	Triangular	109ms	0
Tal. Perforados	354	Fulminante	0
Tal. Disparados	351	Linea silenciosa (roll/500m)	1
Tal. Tapados		Linea silenciosa (roll/200m)	0
Tal. Cortos		Insumos	
Tal. Agua		Nitrato (kg)	0
Metros Perforados	3,056	Emulsion (kg)	0
Metros Disparados	3,056	Petroleo (gl)	0
Area Disparad: (m2)	9,812	SAN G (kg)	45,593
Volumen Roto (m3)	78494.30	Densidad Promedio (gr/cc)	1.00
		Parametros Perforacion	
		Altura Banco Prom (m)	8.0
		Diametro broca (plg)	6 1/8
		Espacio Prom. (m)	5.5
		Burden Prom. (m)	4.8
		Profundidad Prom. (m)	8.6
		Altura agua (m)	
		Taco Prom. mineral (m)	2.8
		Taco Prom. desmonte (m)	2.8
		Sobreperforacion (m)	0.8
		Parametros Voladura	
		Tonelaje Roto (TM)	196,236
		Carga Total (kg)	45,751
		Factores obtenidos:	
		de Carga (kg/m3)	0.58
		de Potencia (kg/TM)	0.23
		de Rotura (TM/m)	64.2
		Indice de Perforacion (TM/m)	64.2
		(TM/tal)	559
		Costo Disparo (relativo)	
		Costo total (US\$)	35,689
		Costo unitario (US\$/TM)	0.18
TIPO DE MEZCLA EXPLOSIVO: AP64 AP55 AP45/5S AP46 AP37 AP28 AP 19 ANFO SAN G Numer de taladros cargados: 351 Carga total Explosivo AP (kg): 45,593 Promedio por taladro (Kg/taldr): 129.9			
Observaciones: VPP: 0.00 mm/s 637 m de la voladura Carga Operante: 1,234 Kg. Sismógrafo instalado en Casa Alizar Factor de Potencia Teórica: Producción 0.22 (kg/TM)		ESQUEMA DE CARGUIO PRODUCCION 	

Fig. 3.10 Muestra imagen de un reporte de disparo.

3.5.7 Instrumentación

Dentro de los controles que realizamos como asistencia técnica tenemos la medición de VOD, vibraciones, control de densidades y fragmentación.

3.5.7.1 Medición y Análisis de Velocidad de Detonación (VOD)

MONITOREO DE LAS VELOCIDADES DE DETONACION

TAJO CALAORCO FASE II

PARAMETROS															
Fecha	Tajo	Proyeto	Banco	Taladro#	Longitud de taladro (m)	Longitud de taca inicial (m)	Longitud de taca final (m)	Sponjante (m)	Epoxiano (m)	Bolobho	Diámetro taladro (odg)	Indicador	Explosivo (kg)	Densidad (g/cm ³)	VOD (m/s)
13/01/2014	Calaorco	3	3472	333	0.8	0.75	0	14.05	0.75	SAN-G	6 1/8	Boomer MP-400g	137	1.38	5455.7

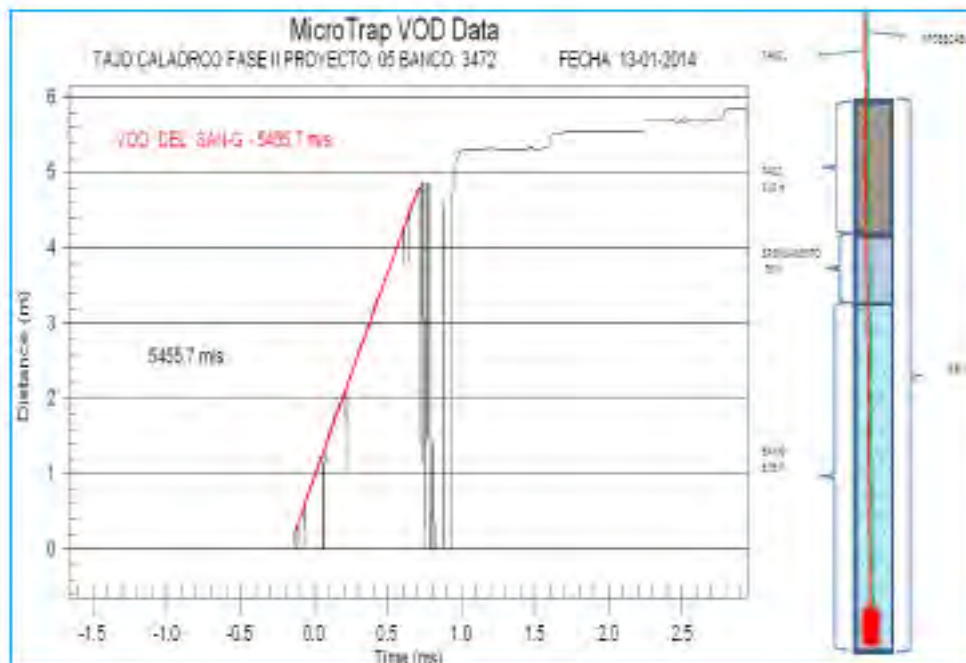
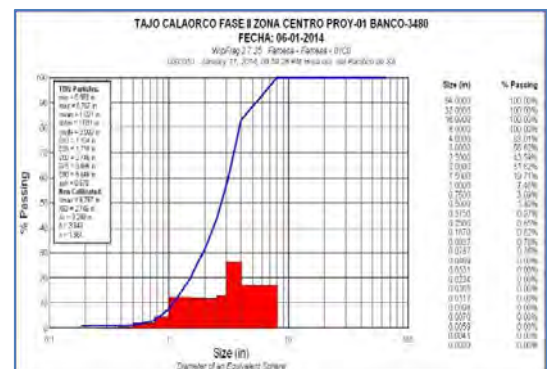
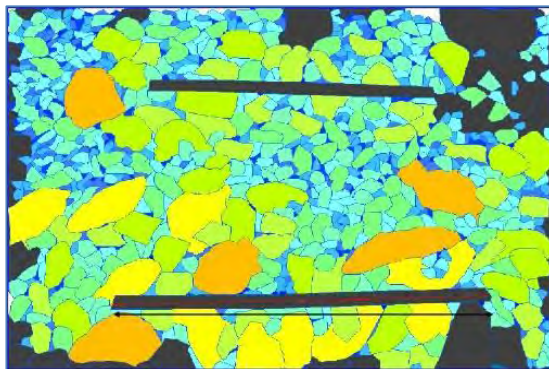


Fig 3,11 Monitoreo de las velocidades de detonacion

3.5.7.2 Medición y Análisis de Fragmentación

Análisis con Wipfrag -Tajo Calaorco:

FECHA	Tajo:	Proyecto:	BANCO:	Línea de muestreo	Pasante 90%
06/01/2014	TAJO CALAORCO FASE II ZONA CENTRO	C01	3480	Composito OverAll	5.646 pulg.



4. Porcentaje de finos: 31.83% corresponde a tamaños menores a 2 pulgadas.
5. Explosivo SANG.

3.5.8 Conclusiones:

- Dentro de los controles que realizamos como asistencia técnica tenemos los beneficios en una mayor VOD de 4800 a 5500 m/s en el caso de la SANG.

- Aumento de la altura del banco de 6m a 8m, debido al mayor poder rompedor del explosivo.

- El uso del SANG, permite un trabajo más limpio y amigable frente a nuestro entorno, debido a que no existe emisión de humos naranjas producto de un desbalance de oxígeno.

- No usamos nitrato de amonio ni combustible, aminorando enormemente los costos de combustible tanto por consumo, transporte y almacenaje de estos productos.

CAPITULO IV

VALUACIÓN ECONÓMICO DE VOLADURA MINA LA ARENA

4.1 INTRODUCCIÓN

El presente estudio corresponde a una evaluación económica realizada durante los meses de junio y julio del 2012, para optar por el cambio de tipo de explosivo, específicamente del Heavy Anfo a SANG en el servicio integral de voladura en la Mina La Arena

Durante los meses de evaluación se han realizado 47 proyectos de voladura de los cuales 30 fueron en el tajo Calaorco y 17 en el tajo Ethel, para cuyo efecto se ha usado Heavy -Anfo con mezcla explosiva de HA-45/55, HA-46 y SAN-G.

4.2 OBJETIVO

- Evaluar el costo comparativo entre los dos tipos de explosivos.
- Evaluación de factores de potencia para cada proyecto de voladura por tipo de explosivo y material.

4.3 CONCLUSIONES

- La evaluación económica se ha realizado durante los meses de junio y julio, periodo en el que se ha registrado los costos que involucra por tonelada de roca disparada, en el registro se puede observar que existe un ahorro de 0.02 US\$/t en el tajo Calaorco y 0.01 US\$/t en el tajo Ethel respectivamente al usar SAN-G y Heavy Anfo.

- Durante los dos meses de evaluación se ha considerado 47 proyectos de voladura, de los cuales 30 fueron ejecutados en el tajo Calaorco y 17 en el tajo Ethel. Para efectos de cálculo se ha registrado de manera independiente y al final promediar los resultados.
- Se han realizado tres análisis de costo comparativo del uso de SANG y H-ANFO, cuyos resultados indican que existe un ahorro significativo al usar el explosivo SANG con respecto al H-Anfo; siendo el más representativo el primer análisis que considera los registros de costos por tonelada de roca, cuyos valores obtenidos indican que existe un ahorro mensual de hasta 23,951 US\$/mes y 287,412 US\$/año.
- Cabe indicar que para el análisis económico, sólo se ha considerado el cambio de tipo de explosivo, no habiéndose considerado otros costos indirectos que involucran en la sumatoria misma y manteniendo los mismos parámetros para cada tipo de explosivo.
- Partiendo del segundo análisis, "Análisis por consumo y tipo de explosivo", se puede observar que, cuando se usa H-ANFO solamente durante todo el mes, implica consumir 3,626 galones de petróleo que valorizado representa 17,405 US\$/mes.
- El consumo promedio de explosivo al mes puesto en los taladros es de 350,534 Kg, valor obtenido de los registros durante el periodo de evaluación.
- El factor de potencia promedio registrado durante el periodo de evaluación es como se indica a continuación:

TAJO CALAORCO : 0.25 kg/t en mineral con explosivo SAN G
0.27 kg/t en mineral con explosivo Heavy Anfo

TAJO ETHEL : 0.24 kg/t en mineral con explosivo SAN G
0.26 kg/t en mineral con explosivo Heavy Anfo

- Se ha realizado el análisis granulométrico con el software Wipfrag en el proyecto de voladura N° 47 donde para una pasante de 4 pulgadas, se encuentra en 89% para SAN-G y 57.2% para HA/55 respectivamente. Asimismo se ha realizado el análisis granulométrico del proyecto N° 57 donde para una pasante de 4 pulgadas, el porcentaje se encuentra en 84.2% para la SAN-G.
- Se ha obtenido de los registros que se puede ahorrar en un 7.41% en el consumo de explosivos usando SAN G.

4.4 RECOMENDACIONES

- Se debe continuar realizando la evaluación económica para finalmente determinar los beneficios del cambio de explosivo, los mismos que se verán reflejados en los cambios de malla y ahorro de explosivo por taladro.
- Para ampliar las mallas de perforación no solo se debe tomar en cuenta la energía de un explosivo, es también importante considerar en el diseño la geometría y la relación de rigidez que viene a ser la altura de banco dividida entre la distancia del burden (L/B), cuya relación debe ser mayor a 1, caso contrario tendremos como resultado pisos no uniformes, ya que el radio de influencia del explosivo no cubre todo el área particularmente en el fondo del taladro.
- El uso de la SAN G, por su sistema de abastecimiento del explosivo al camión, ha permitido prescindir del camión grúa, el mismo que para la mina

es una reducción en costos por uso del equipo en este caso el camión grúa. Asimismo se elimina las demoras operativas por abastecimiento del camión fábrica.

4.5 REGISTROS DE PROYECTOS DE VOLADURA

Durante los meses de junio y julio se ha realizado la evaluación económica en 47 proyectos de voladura ejecutados en la mina, de los cuales 30 proyectos fueron cargados en el tajo Calaorco, y 17 proyectos en el tajo Ethel.

A continuación se muestra los parámetros registrados por disparo y por tajo:

Tabla 4,1 Factores De Potencia Por Proyecto Disparado Tajo Cala Orco

ITEM	PROYECTO DE VOLADURA	FECHA DE DISPARO	BANCO	TIPO DE EXPLOSIVO	NUMERO DE TALADROS	DIAMETRO Pulg	MALLA TRIANG. m	TONELAJE ROTO tm	TOTAL EXPLOSIVO kgs	FACTOR POTENCIA kg/TM
1	46	02/06/2012	3466	HA 46	386	6 1/8	4.34 X 5.0	152736.5	37,719	0.25
2	47	07/06/2012	3460	SAN G	155	6 1/8	4.34 X 5.0	49683.5	12,784	0.26
		07/06/2012	3460	HA 45/55	137	6 1/8	4.34 X 5.0	44139	12,568	0.28
3	48	08/06/2012	3478	SAN G	29	6 1/8	4.34 X 5.0	8277	2,112	0.26
		08/06/2012	3478	HA 45/55	79	6 1/8	4.34 X 5.0	23478.5	6,860	0.29
4	49	10/06/2012	3466	SAN G	185	6 1/8	4.34 X 5.0	56384.25	15,535	0.28
5	50	13/06/2012	3472	HA 46	205	6 1/8	4.34 X 5.0	78009.75	21,005	0.27
6	51	18/06/2012	3466	HA 46	268	6 1/8	4.34 X 5.0	76646.5	21,392	0.28
11	52	19/06/2012	3466	SAN G	110	6 1/8	4.34 X 5.0	35805.25	9,081	0.25
12	53	19/06/2012	3454	HA 46	291	6 1/8	4.34 X 5.0	109896	28,919	0.26
13	55	25/06/2012	3460	HA 46	274	6 1/8	6.08 X 7.0	84123	18,769	0.22
14	54	28/06/2012	3466	HA 55	289	6 1/8	6.08 X 7.0 / 4.34 X 5.0	99930.325	25,445	0.25
15	57	02/07/2012	3454	SAN G	187	6 1/8	4.34 X 5.0	65679.125	16,770	0.26
16	59	02/07/2012	3454	SAN G	47	6 1/8	6.1 x 7.0	32721.625	5,085	0.16
17	58	05/07/2012	3484	SAN G	106	6 1/8	6.1 x 7.0	62261	9,468	0.15
18	60	05/07/2012	3466	SAN G	156	6 1/8	5.7 X 6.5	65956.5	13,477	0.20
19	61	10/07/2012	3478	SAN G	194	6 1/8	5.2 X 6.0	82599.75	17,951	0.22
20	61	10/07/2012	3478	HA 46	184	6 1/8	4.34 X 5.0	78342	18,892	0.24
21	62	10/07/2012	3466	HA 46	112	6 1/8	4.34 X 5.0	35628.5	10,403	0.29
22	56	12/07/2012	3460	SAN G	78	6 1/8	6.1 x 7.0	27392.5	5,537	0.20
23	63	16/07/2012	3460	SAN G	320	6 1/8	4.34 X 5.0	102142.5	29,046	0.28
24	64	18/07/2012	3454	SAN G	320	6 1/8	4.34 X 5.0	78557.5	22,016	0.28
25	65	18/07/2012	3472	SAN G	210	6 1/8	6.1 x 7.0	97699.25	19,438	0.20
26	66	24/07/2012	3472	SAN G	105	6 1/8	4.34 X 5.0	39102.25	9,684	0.25
27	66	24/07/2012	3472	HA 45/55	289	6 1/8	4.34 X 5.0	107624.475	29,432	0.27
28	67	26/07/2012	3454	SAN G	145	6 1/8	4.34 X 5.0	48771.375	11,700	0.24
29	68	31/07/2012	3472	SAN G	162	6 1/8	6.1 x 7.0	87180	14,310	0.16
30	70	31/07/2012	3454	SAN G	135	6 1/8	4.34 X 5.0	45416.5	11,796	0.26
Σ					5,158			1,876,164	457,195	

FACTOR DE POTENCIA PROMEDIO SAN G 0.25

FACTOR DE POTENCIA PROMEDIO H-ANFO 0.27

Tabla 4,2 Factores de Potencia por Proyecto disparado tajo Ethel

ITEM	PROYECTO DE VOLADURA	FECHA DE DISPARO	BANCO	TIPO DE EXPLOSIVO	NUMERO DE TALADROS	DIAMETRO Pulg	MALLA TRIANG. m	TONELAJE ROTO tm	TOTAL EXPLOSIVO kgs	FACTOR POTENCIA kg/TM
1	ET-2	10/06/2012	3364	SAN G	134	6 1/8	6.08 X 7.0	41895.750	10685.000	0.26
		10/06/2012	3364	HA 45/55	71	6 1/8	4.34 X 5.0	22198.500	6288.128	0.28
2	ET-3	12/06/2012	3358	HA 46	193	6 1/8	4.34 X 5.0	55587.000	13069.956	0.24
3	ET-4	15/06/2012	3358	HA 46	203	6 1/8	6.08 X 7.0	82304.750	15703.371	0.19
4	ET-5	20/06/2012	3370	HA 46	127	6 1/8	6.08 X 7.0 / 4.34 X 5.0	43893.750	10688.873	0.24
6	ET-6	22/06/2012	3352	HA 46	367	6 1/8	4.34 X 5.0	107084.500	31016.810	0.29
7	ET-7	26/06/2012	3364	SAN. G	121	6 1/8	4.34 X 5.0	64172.825	16970.450	0.26
		26/06/2012	3364	HA 46	67	6 1/8	4.34 X 5.0	24542.063	5786.341	0.24
8	E08	06/07/2012	3358	SAN G	181	6 1/8	4.34 X 5.0	50066.136	12917.450	0.26
9	E09	13/07/2012	3346	HA 46	184	6 1/8	5.2 X 6.0	53799.318	14932.396	0.28
10	E10	13/07/2012	3352	SAN G	198	6 1/8	5.2 X 6.0	62530.682	15276.100	0.24
11	E11	16/07/2012	3346	SAN G	136	6 1/8	5.2 X 6.0	36462.955	8223.200	0.23
12	E12	21/07/2012	3340	SAN G	133	6 1/8	5.2 X 6.0	53965.455	9596.850	0.18
13	E12	21/07/2012	3340	HA 46	110	6 1/8	5.2 X 6.0	44633.182	9391.819	0.21
14	E13	23/07/2012	3346	SAN G	182	6 1/8	5.2 X 6.0	60311.591	12955.450	0.21
15	E14	25/07/2012	3340	SAN G	293	6 1/8	5.2 X 6.0	113257.955	26067.850	0.23
16	E15	28/07/2012	3340	SAN G	175	6 1/8	5.7 X 6.5	73313.409	15985.750	0.22
17	E16	30/07/2012	3340	SAN G	104	6 1/8	5.7 X 6.5	47830.000	8316.800	0.17
Σ					2,979			1,037,850	243,873	

FACTOR DE POTENCIA PROMEDIO SAN G 0.24

FACTOR DE POTENCIA PROMEDIO H-ANFO 0.26



4.6 REGISTRO DE COSTOS POR PROYECTOS DE VOLADURA

Se ha realizado el registro y cálculo de costos por tonelada para cada proyecto de voladura expresado en US \$/t los que se muestran a continuación.

Tabla 4,3 De costos de disparos por tipo de explosivo (tajo cala Orco)

ITEM	PROYECTO DE VOLADURA	FECHA DE DISPARO	TIPO DE EXPLOSIVO	NUMERO DE TALADROS	DESCRIPCION DEL PRODUCTO				SAN G	VALOR POR PRODUCTO USA \$ / DISPARO					\$/tn	\$/TAL	
					SAN kgs	N. A. kgs	D2	Gls		HEAVY ANFO	SAN	NA	D2	SAN G			TOTAL \$
1	46	02/06/2012	HA 46	386	15724	20512	410	37,545		9,733	12,061	1,970		23,764.28	0.16	61.57	
2	47	07/06/2012	SAN G	155					12784	0.00	0	0	8,411.87	8,411.87	0.17	54.27	
		07/06/2012	HA 45/55	137	6041	6135	123	12,568		3,739	3,607	589		7,935.99	0.18	57.93	
3	48	08/06/2012	SAN G	29					2112	0.00	0	0	1,389.70	1,389.70	0.17	47.92	
		08/06/2012	HA 45/55	79	2744	3869	77	6,860		1,699	2,275	372		4,345.11	0.19	55.00	
4	49	10/06/2012	SAN G	185					15535	0.00	0	0	10,222.03	10,222.03	0.18	55.25	
5	50	13/06/2012	HA 46	205	8,054	12,087	242	20,913		4,985.43	7,107	1,161		13,253.48	0.17	64.65	
6	51	18/06/2012	HA 46	268	8,509	11,997	240	21,272		5,267.07	7,054	1,152		13,473.56	0.18	50.27	
11	52	19/06/2012	SAN G	110					9081	0.00	0.00	0.00	5,975.30	5,975.30	0.17	54.32	
12	53	19/06/2012	HA 46	291	11,430	16,317	326	28,789		7,075.17	9,594.40	1,567.16		18,236.73	0.17	62.67	
13	55	25/06/2012	HA 46	274	7,458	10,516	210	18,645		4,616.50	6,183.41	1,010.01		11,809.92	0.14	43.10	
14	54	28/06/2012	HA 55	289	12,638	11,916	238	25,315		7,822.92	7,006.61	1,144.47		15,974.00	0.16	55.27	
15	57	02/07/2012	SAN G	187					16770	0.00	0.00	0.00	11,034.76	11,034.76	0.17	59.01	
16	59	02/07/2012	SAN G	47					5085	0.00	0.00	0.00	3,346.03	3,346.03	0.10	71.19	
17	58	05/07/2012	SAN G	106					9488	0.00	0.00	0.00	6,230.01	6,230.01	0.10	58.77	
18	60	05/07/2012	SAN G	156					13477	0.00	0.00	0.00	8,868.00	8,868.00	0.13	56.85	
19	61	10/07/2012	SAN G	194					17951	0.00	0.00	0.00	11,811.96	11,811.96	0.14	60.89	
20	61	10/07/2012	HA 46	184	7,524	10,606	212	18,809		4,657.36	6,237.50	1,016.84		11,913.70	0.15	64.75	
21	62	10/07/2012	HA 46	112	4,141	5,839	117	10,353		2,563.28	3,433.33	560.81		6,557.42	0.18	58.55	
22	56	12/07/2012	SAN G	78					5537	0.00	0.00	0.00	3,643.41	3,643.41	0.13	46.71	
23	63	16/07/2012	SAN G	320					29046	0.00	0.00	0.00	19,112.27	19,112.27	0.19	59.73	
24	64	18/07/2012	SAN G	320					22016	0.00	0.00	0.00	14,486.53	14,486.53	0.18	45.27	
25	65	18/07/2012	SAN G	210					19438	0.00	0.00	0.00	12,789.88	12,789.88	0.13	60.90	
26	66	24/07/2012	SAN G	105					9684	0.00	0.00	0.00	6,372.24	6,372.24	0.16	60.69	
27	66	24/07/2012	HA 45/55	289	12,480	15,813	316	29,302		7,725.12	9,298.04	1,518.76		18,541.92	0.17	64.16	
28	67	26/07/2012	SAN G	145					11700	0.00	0.00	0.00	7,698.76	7,698.76	0.16	53.09	
29	68	31/07/2012	SAN G	162					14310	0.00	0.00	0.00	9,416.28	9,416.28	0.11	58.13	
30	70	31/07/2012	SAN G	135					11796	0.00	0.00	0.00	7,761.97	7,761.97	0.17	57.50	
					Σ	5,158	96,743	125,609	2,513	230,370	225,792	59,884	73,858	12,064	148,571	294,377	
											COSTO PROMEDIO POR TONELADA \$/tn	SAN G	0.15				
											COSTO PROMEDIO POR TONELADA \$/tn	H-ANFO	0.17				

COSTO DE DISPARO POR PROYECTO (TAJO CALA ORCO)

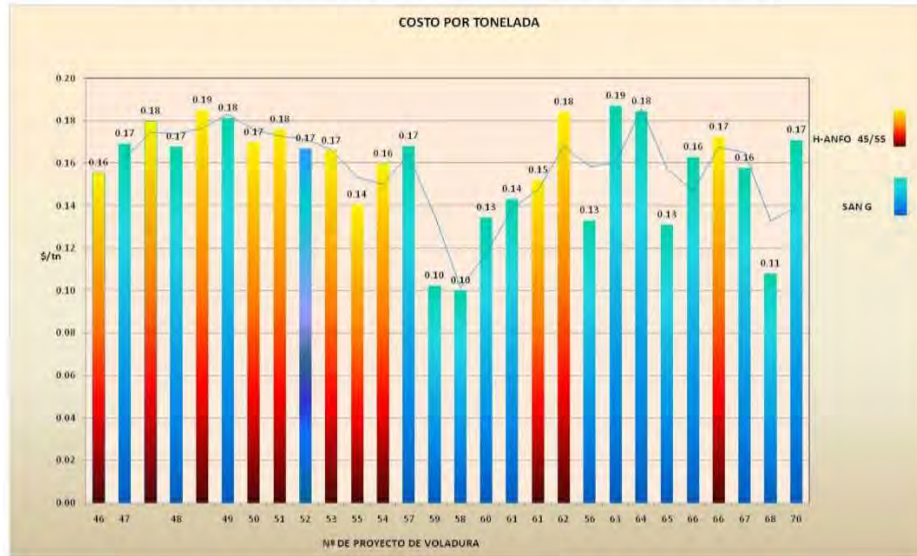


Tabla 4,4 Costo de disparo por tipo de explosivo (tajo Ethel)

ITEM	PROYECTO DE VOLADURA	FECHA DE DISPARO	TIPO DE EXPLOSIVO	NUMERO DE TALADROS	DESCRIPCION DEL PRODUCTO				SAN G	VALOR POR PRODUCTO USA \$ / DISPARO					\$/tm	\$/TAL		
					SAN kgs	N. A. kgs	D2	Gls		HEAVY ANFO	SAN	NA	D2	SAN G			TOTAL \$	
1	ET-2	10/06/2012	SAN G	134					10685					7,030.73	7,030.73	0.17	52.47	
		10/06/2012	HA 45/55	71	2236	3809	76	6,288		1,384	2,240	366			3,989.61		0.18	56.19
2	ET-3	12/06/2012	HA 46	193	5048	7459	149	12,983		3,125	4,386	716			8,227.00		0.15	42.63
3	ET-4	15/06/2012	HA 46	203	6245	8805	176	15,612		3,866	5,177	846			9,888.67		0.12	48.71
4	ET-5	20/06/2012	HA 46	127	4253	5996	120	10,632		2,633	3,526	576			6,734.14		0.15	53.02
6	ET-6	22/06/2012	HA 46	367	11874	17839	357	30,852		7,350	10,489	1,713			19,552.68		0.18	53.28
7	ET-7	26/06/2012	SAN. G	121											11,166.56	11,166.56	0.17	92.29
		26/06/2012	HA 46	67	2303	3246	65	5,756		1,426	1,909	312			3,645.97		0.15	54.42
8	E08	06/07/2012	SAN G	181					12917						8,499.68	8,499.68	0.17	46.96
9	E09	13/07/2012	HA 46	184	6023	8297	166	14,850		3,728	4,879	797			9,403.76		0.17	51.11
10	E10	13/07/2012	SAN G	198					15276						10,051.67	10,051.67	0.16	50.77
11	E11	16/07/2012	SAN G	136					8223						5,410.87	5,410.87	0.15	39.79
12	E12	21/07/2012	SAN G	133					9597						6,314.73	6,314.73	0.12	47.48
13	E12	21/07/2012	HA 46	110	3737	5269	105	9,342		2,313	3,098	506			5,917.44		0.13	53.79
14	E13	23/07/2012	SAN G	182					12955						8,524.69	8,524.69	0.14	46.84
15	E14	25/07/2012	SAN G	293					26068						17,152.65	17,152.65	0.15	58.54
16	E15	28/07/2012	SAN G	175					15986						10,518.62	10,518.62	0.14	60.11
17	E16	30/07/2012	SAN G	104					8317						5,472.45	5,472.45	0.11	52.62
				Σ	2.979	41,719	60,720	1,215	106,315	120,024	25,824	35,703	5,832	90,143	157,502			

COSTO PROMEDIO POR TONELADA \$/tn	SAN G	0.146
COSTO PROMEDIO POR TONELADA \$/tn	H-ANFO	0.155

COSTO DE DISPARO POR PROYECTO (TAJO ETHEL)



4.7 ANALISIS COMPARATIVOS DE COSTOS:

Durante los dos meses (Junio- Julio) de evaluación económica se ha realizado el análisis de costos por 03 medios de comparación entre el explosivo convencional Heavy Anfo y la emulsión gasificable SAN G obtenido los siguientes resultados.

a) ANALISIS DE COSTOS POR TONELADA

TONELAJE TOTAL:

Tajo Calaorco

:1'876,164t (Tablan°1)

Tajo Ethel

:1'037,849t (Tabla n°2)

El factor de potencia se ha reducido de 0.27 kg/t a 0.25 kg/t, que representa una reducción del 7.41 %, el mismo que se verá reflejado en un ahorro en el consumo de explosivos en términos de F.P

Costo comparativo por tipo de explosivo:

SAN	: 157,740 x 0.619 = 97,641 US \$	SAN G:	350,534 x 0.926
N.A.	: 181,226 x 0.588 = 106,561 US \$:	324,569 kg * 0.658
D2	: 3,626 x 4.80 = 17,405 US \$		
TOTAL:	= 221,607 US \$	TOTAL	: 213,566
			US \$

AHORRO MENSUAL: 8,041 US\$/mes

c) ANALISIS POR REDUCCIÓN DE COSTOS ANUALES EN FUNCION AL PORCENTAJE DE REEMPLAZO POR OTRO EXPLOSIVO.

A continuación se presenta una simulación teórica (GRAFICO 1) de hasta cuánto podría ser el ahorro anual por el cambio de explosivo, el gráfico indica que para un porcentaje de reemplazo del 10% del total de consumo de explosivo (NA + emulsión) , la mina se podría ahorrar un poco más de 35, 000 dólares / año y si ocurriera el caso de un 100% de reemplazo del explosivo convencional con la SAN-G, se podría alcanzar un ahorro de más de 351,000 de dólares / año. Estos cálculos han sido realizados considerando los datos que se indican en la TABLA 6.

Tabla 4,5 Precio de equilibrio de la SANG - G

Cliente: RIO ALTO - LA ARENA				Variables considerando perforación			
Variables consideradas					Malla Actual	Malla Nueva	
Consumos promedios mensual							
Nitrato Amonio	TM/mes		181	Espaciamiento	m	5.00	6.00
Emulsión Matriz	TM/mes		158	Burden	m	4.33	5.20
Densidad HA-45/55	gr/cc		1.26	Altura Banco	m	6.0	6.0
Densidad SAN-G + N2O	gr/cc		1.05	Sobre perforación	m	0.5	0.5
Ahorro x uso de SAN-G =			17%	Costo x metro perforación	US\$/m		
Precios				# TOTAL TAL PERFOR/mes		4,069	2,826
Nitrato Amonio	US\$/TM		588.00	# Total Taladros que se dejan de perforar / mes			1,243
Emulsión Matriz	US\$/TM		619.00	# Total Taladros que se dejan de perforar / año			14,916
Petróleo	US\$/gal		4.80				
SANG	US\$/TM		658.00				

También se indica un recuadro en el que se muestra el precio de equilibrio de la SAN-G, esto significa que al precio de US\$ 758 / t de SAN- G, la mina no gastaría más de lo que gasta actualmente con los explosivos convencionales, pero tampoco se ahorraría nada.

Asimismo se puede ver en la tabla 4,5, al realizar el cambio en la dimensión de la malla (5 a 6m), tal como se ha registrado en la operación misma, se podrá dejar de perforar 1, 243 taladros al mes y 14,916 taladros al año lo que significa un significativo ahorro en la perforación.

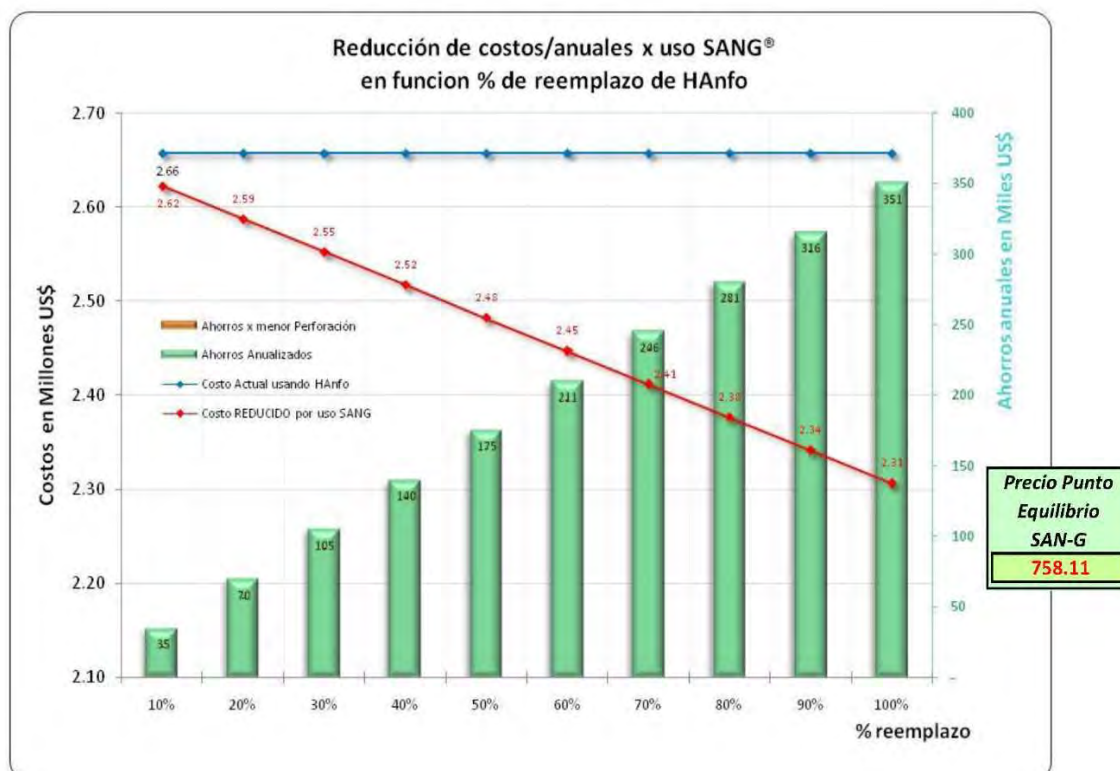


Fig. 4,1 Reducción de costos anuales por uso de SANG en función del porcentaje de reemplazo de Heavy Anfo

CONCLUSIÓN:

De los tres análisis se puede concluir que, el primero es el más representativo, ya que toma datos obtenidos directamente en la operación y los dos análisis siguientes son teóricos que sirven mucho como referencia.

4.8 ANALISIS GRANULOMÉTRICO

Durante los meses junio y julio se ha realizado el seguimiento de la granulometría en los proyectos de voladura N° 47 y N° 57, con la finalidad de analizar los resultados y las diferencias que se puedan observar con el uso de H-ANFO 45755 y SAN-G.



PROYECTO N° 047

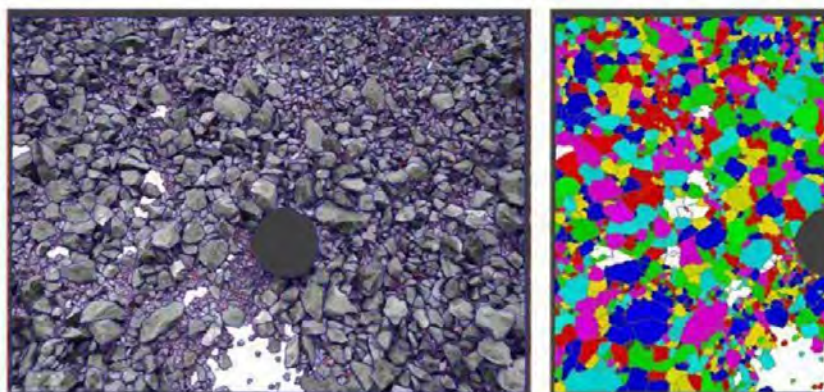
DESCRIPCION	UNID	PROYECTO 047	
		SAN G	HA-55
HISTOGRAMA			
Tamaños mínimos	m	0.000	0.000
Tamaños Máximos	m	0.167	0.215
Numero de blocks	unid	2211	1619
CURVA ACUMULATIVA			
D10	m	0.0259	0.0324
D25	m	0.0383	0.0541
D50	m	0.0565	0.0913
D75	m	0.0791	0.1319
D90	m	0.1057	0.1792
Xmax	m	0.0812	0.1377
TABLA ACUMULATIVA			
			100% < 16"
		100% < 8"	96.4% < 8"
		89% < 4"	57.2% < 4"
		72.6% < 3"	38.7% < 3"
		58.9% < 2.5"	31.1% < 2.5"

DESCRIPCION	UNID	PROYECTO 057
		SAN G
HISTOGRAMA		
Tamaños mínimos	m	0.000
Tamaños Máximos	m	0.167
Numero de blocks	unid	1088
CURVA ACUMULATIVA		
D10	m	0.0289
D25	m	0.0397
D50	m	0.0568
D75	m	0.0811
D90	m	0.1195
Xmax	m	0.0805
TABLA ACUMULATIVA		
		100% < 8"
		84.2% < 4"
		72.0% < 3"
		58.1% < 2.5"

WIPFRAG N° 1

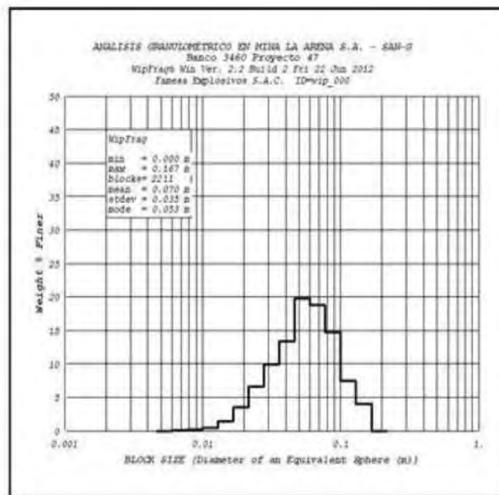
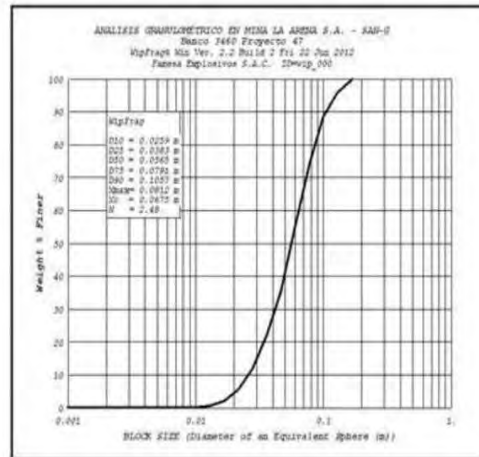
07-06-12

Tajo	Banco	Proyecto	Línea de Muestreo	Pasante 90%
Cala Orco	3460	47	Compósito Over All	4.36"



Se observa la similitud entre ambas gráficas de la digitalizada y la analizada el software Wipfrag, la zona de zona de blanco representa a la zona de finos que coincide de igual manera con la foto original.

Análisis Granulométrico



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO EN MINA LA ARENA S.A. - SAN-G
Banco 3460 Proyecto 47
WipFrac Win Ver. 2.2 Build 2 Fri 22 Jun 2012
Famesa Explosivos S.A.C. ID=wip_000

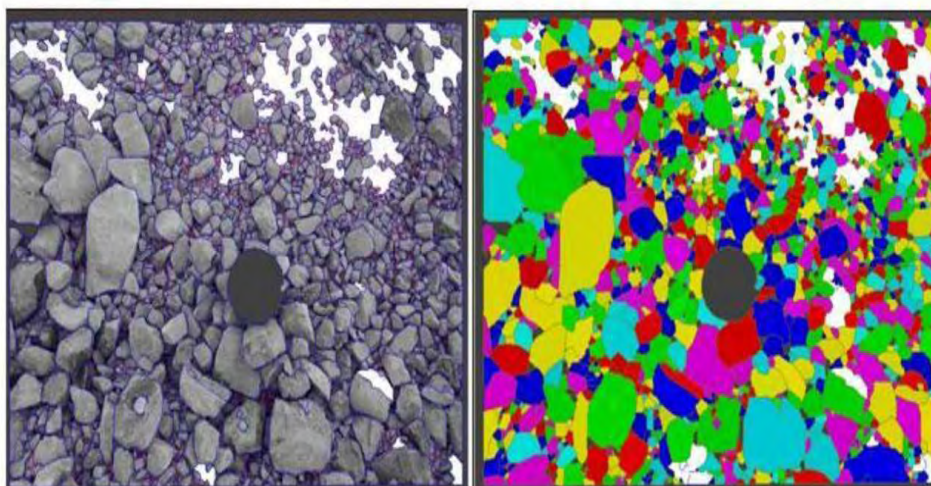
US Sieve Size	% Passing	Adjusted % Passing
#4"	--	--
#5"	--	--
#6"	--	--
#8.0"	100.0%	--
#10"	84.0%	--
#15"	73.6%	--
#20"	58.9%	--
#30"	41.7%	--
#40"	24.7%	--
#50"	9.5%	--
#60"	1.7%	--
#75"	0.6%	--
#100"	0.2%	--
#150"	--	--
#200"	--	--

- 1.- Se observa el comportamiento de la gráfica en la cual, el 90% del material analizado pasa por una malla de 4.36", de igual manera el valor "n" de Cunningham indica que la pila formada para este grado de fragmentación indica un valor 2.48.
- 2 - Tamaño máximo de fragmento 6.57 y mínimo 0.00"
- 3.- Porcentaje de fino: 20% < 2 pulgadas
- 4.- Espaciamiento: 5.0 m, Burden: 4.34 m
- 5.- Densidad del explosivo: 1.02 g/cm³.
- 6.- Explosivo Utilizado: San-G.

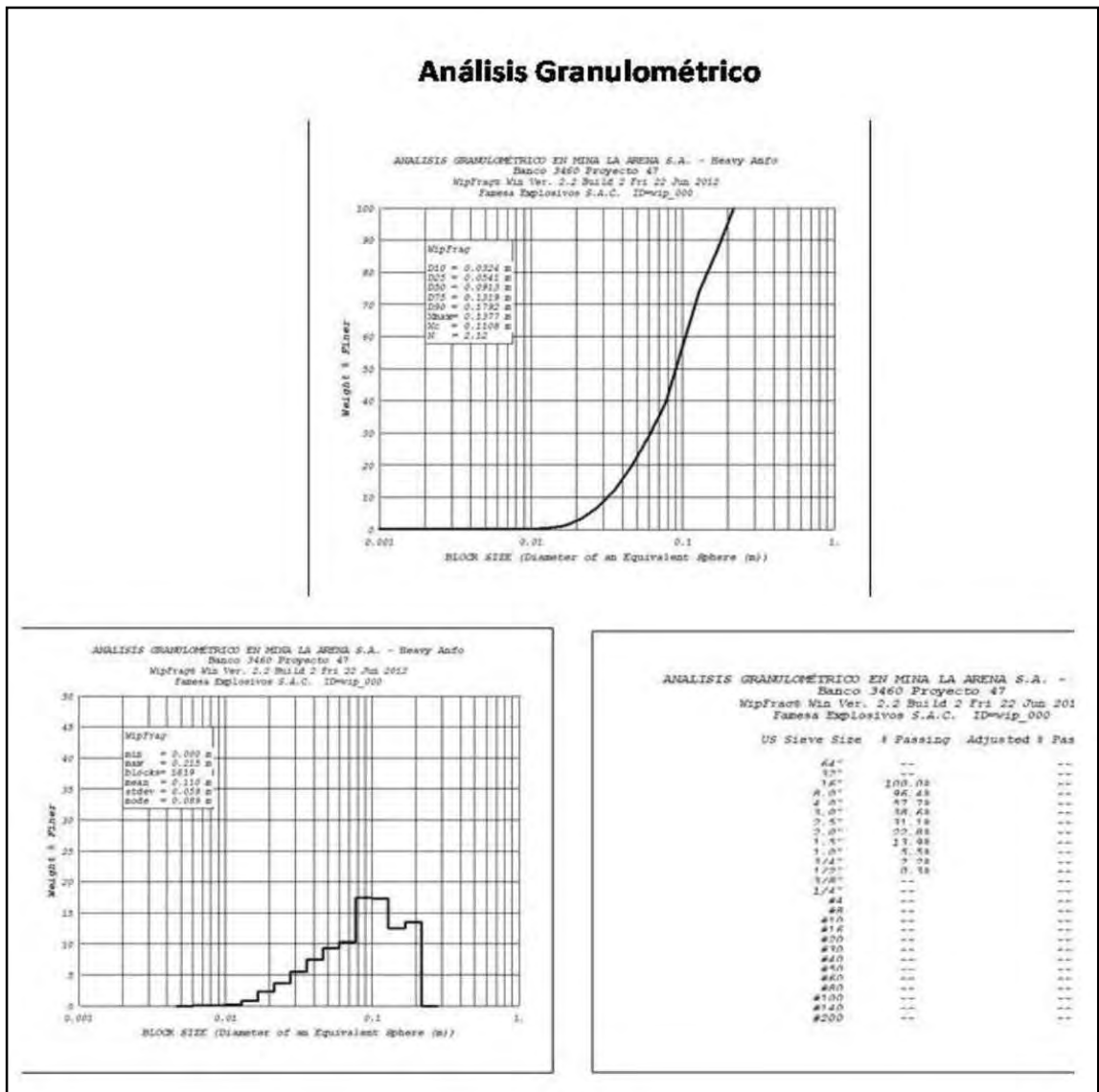
WIPFRAG N° 2

08-06-12

Tajo	Banco	Proyecto	Línea de Muestreo	Pasante
				90%
Calaorco	3460	47	Compósito Over All	7.34"



Se observa la similitud entre ambas gráficas de la digitalizada y la analizada mediante el software Wipfrag, la zona de zona de blanco representa a la zona de finos, la cual coincide de igual manera con la foto original.

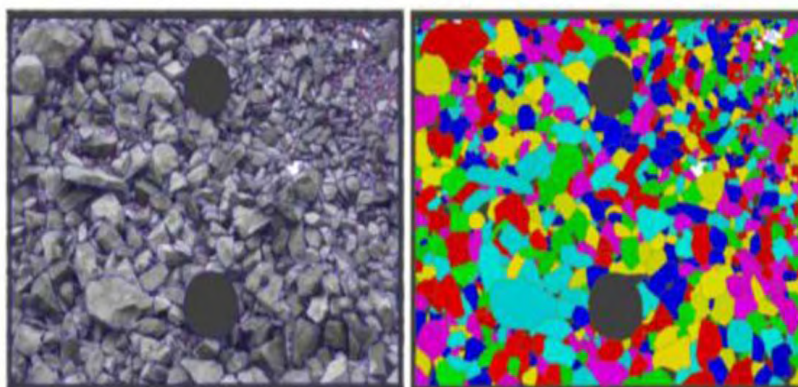


- 1.- Se observa el comportamiento de la gráfica en la cual, el 90% del material analiza pasa por una malla de 7.34", de igual manera el valor "n" de Cunningham indica que pila formada para este grado de fragmentación indica un valor 2.12
- 2.- Tamaño máximo de fragmento 8.46". y mínimo 0.00"
- 3.- Porcentaje de fino: 18% < 2 pulgadas.
- 4.- Espaciamiento: 5.0 m, Burden: 4.34 m
- 5.- Explosivo Utilizado: Heavy Anfo 45/55
- 6.- Densidad del explosivo: 1.27g/cm³

WIPFRAG N° 3

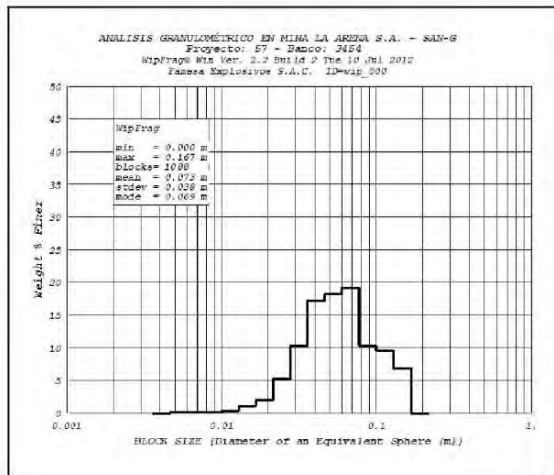
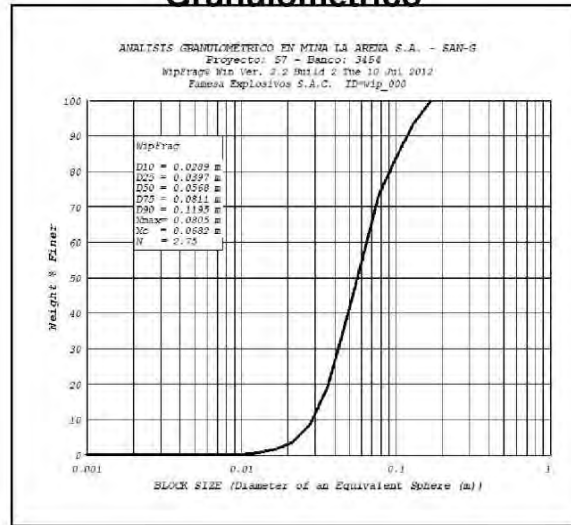
Análisis 02-07-12

Tajo	Banco	Proyecto	Línea de Muestreo	Pasante 90%
Calaorco	3454	57	Compósito Over All	5.47"



Se observa la similitud entre ambas gráficas de la digitalizada y la analizada mediante el software Wipfrag, la zona de zona de blanco representa a la zona de finos, la cual coincide de igual manera con la foto original.

Análisis Granulométrico



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO EN MINA LA ARENA S.A. - SAN-G
 Proyecto: 57 - Banco: 3454
 WipFrag Min Ver. 2.2 Build 2 Tue 10 Jul 2012
 Famesa Explosivos S.A.C. ID=wip_000

US Sieve Size	% Passing	Adjusted % Passing
41"	--	--
36"	--	--
30"	--	--
24"	100.0%	--
20"	92.0%	--
16"	75.0%	--
12"	59.1%	--
10"	42.0%	--
8"	29.4%	--
6"	6.6%	--
5.47"	5.8%	--
4.75"	0.1%	--
4"	--	--
3.5"	--	--
3"	--	--
2.5"	--	--
2"	--	--
1.5"	--	--
1.18"	--	--
0.85"	--	--
0.6"	--	--
0.425"	--	--
0.3"	--	--
0.25"	--	--
0.2"	--	--

- 1.- Se observa el comportamiento de la gráfica en la cual, el 90% del material analizado pasa por una malla de 5.47", de igual manera el valor "n" de Cunningham indica que la pila formada para este grado de fragmentación indica un valor 2.75
- 2.- Tamaño máximo de fragmento: 6.57" y mínimo: 0.00"
- 3.- Porcentaje de fino: 19 % < 2 pulgadas.
- 4.- Espaciamiento: 5.0 m, Burden: 4.34m.
- 5.- Explosivo Utilizado: San-G
- 6.- Densidad del explosivo: 0.96 g/cm³

CAPITULO V

SEGURIDAD

5.1 INTRODUCCIÓN

En los reglamentos y criterios de seguridad para el empleo y transporte de explosivos en la actividad minera los titulares deben contar con el certificado de operación minera vigente y estar inscritos en la SUCAMEC antes DICSCAMEC.

Las razones para hacer seguridad:



La seguridad es la imagen de una empresa, promueve el trabajo en equipo, seguridad en los procesos, satisfacción personal, calidad

productiva y responsabilidad conjunta.

De ahí que sea necesario:

- Fijar estándares
- Ampliar los criterios
- Estimular la participación y compromiso, basado en la ética profesional.
- Conocimiento legal
- Control de pérdidas
- Sistematizar acciones preventivas

Aspectos de la seguridad en la supervisión

- 1.- Es necesario conocer y determinar los riesgos
- 2.- Establecer Inspecciones.
- 3.- Investigación de accidentes/incidentes.

Accidentes con Explosivos

Tipos:

- Directos
- Indirectos

A.- Accidentes Directos:

Son aquellos que son motivados por:

- ❖ Negligencia
- ❖ Exceso de confianza
- ❖ Manipuleo Incorrecto

- ❖ Maltrato
- ❖ Productos defectuosos.

B.- Accidentes Indirectos:

Son aquellos que son motivados por:

- ❖ Ingresos antes de despeje de humos.
- ❖ Exposición a ambientes mal ventilados.
- ❖ Iniciación defectuosa del explosivo.
- ❖ Condiciones geológicas, roca alterada y/ fisurada
- ❖ Sobrecarga del explosivo
- ❖ Vibración.

De ahí que en mina La Arena tengamos un control de seguridad mes a mes, basado en capacitaciones.

Por ejemplo:

El mes de Diciembre se registró:

01.89 horas hombre capacitados con charlas de "5 minutos".

00.26 horas hombre en inducción para visitas y/o trabajos temporales.

00.00 horas hombre en capacitación teórico-práctico sobre anexo 14a.

00.00 horas hombre en capacitación teórico-práctico sobre anexo 14b.

04.29 horas hombre en capacitación en temas específicos.

I. ESTADÍSTICAS

	MENSUAL		ACUMULADO	
	ACTUAL	ANTERIOR	PROMEDIO	ANUAL 2013
Número de trabajadores	14	14		
Horas Hombre trabajadas	2,409	2695	2,708	32,495
Accidentes Trivial	0	0	1	10
Accidentes Incapacitante	0	0	0	0
Accidentes Fatales	0	0	0	0
Nº días perdidos	0	0	0	0
Índice de FRECUENCIA	0.00	0.00	0.00	0.00
Índice de SEVERIDAD	0.00	0.00	0.00	0.00
Índice de ACCIDENTABILIDAD	0.00	0.00	0.00	0.00
Accidente con daño a la propiedad	0	0	0	0
Incidentes reportados	0	0	1	10
Investigación de incidentes	0	0	0	5
Actos Subestándares	0	0	0	0
Condiciones Subestandar	0	0	0	0
Check List de Equipos (Camioneta, camión fábrica)	47	61	61	732
IPERC	105	133	115	1,374
OPT	9	8	8	90
Inspecciones	10	11	10	116
Índice de capacitación en HH	6.2	9.2	8.4	100.48

CONCLUSIONES

Las conclusiones a las que se llegaron después de realizar el presente trabajo de investigación son las siguientes:

1. Usando la emulsión gasificada SANG, se obtuvieron mejores resultados en términos de fragmentación y uniformidad, el P80 disminuyó en un 15 a 20% comparado con los resultados de los análisis realizados en proyectos disparado con HA 45/55.
2. Con un reemplazo del 100% de la nueva mezcla explosiva en Mina La Arena se llegaría ahorrar hasta US\$ 300 000 anuales.
3. Con el uso de SANG, no se generan gases nitrosos, es debido a que en su fabricación se logra mantener su balance de oxígeno.
5. La velocidad de detonación de la SANG 5.8 % mayor al de Heavy ANFO 45/55, esto es importante debido que la presión de detonación dentro del taladro es relación directa con el cuadrado de la VOD del explosivo.
6. De las pruebas realizadas en mina La arena, se puede determinar que se obtuvieron mejores resultados en fragmentación del material volado con respecto a los resultados de las voladuras usando la mezcla explosiva HA 45/55.

RECOMENDACIONES

Después de realizar el presente trabajo de investigación, se pueden dar las recomendaciones siguientes:

1. Se debe propagar el uso de las mezclas explosivas comerciales como emulsiones gasificadas para obtener una buena fragmentación y de esta manera minimizar los costos en explosivos como los Heavy-Anfo, carguío, acarreo, chancado primario(en caso de que hubiera) etc., lográndose de esta manera optimizar la rentabilidad de la empresa minera.
2. Es importante relacionar las vibraciones producto de los disparos, con el uso de los retardos adecuados.

Contamos también para el logro de este objetivo con el uso de los retardos electrónicos teniendo un mejor control en la dispersión.
3. Es importante fortalecer los vínculos entre las diferentes área de la mina, por ejemplo la comunicación en tiempo real entre geología y voladura, para a través del monitoreo litológico saber si nos encontramos frente a cambios de tipo de roca, o frente a un tema estructural que presente relevancia para la estabilidad de taludes.
4. Se debe conocer el comportamiento geomecánico y geotécnico del macizo rocoso para tener mayores y mejores criterios en la determinación de nuestros parámetros de voladura.
5. Si bien es cierto que la SANG no emite gases nitrosos por lo que las comunidades cercanas no se perjudican, el polvo producto de la voladura

genera un tipo de fase dispersa: SUSPENSIÓN (polvo en el aire), la fase dispersa (polvo) puede viajar según estudios hasta 5km; esto representa un peligro y su exposición un riesgo, generando potenciales problemas pulmonares.

6. Finalmente exhortar a las universidades a incorporar dentro de su syllabus, la enseñanza de software actualizado, en tema de voladura de rocas para tener jóvenes mejor preparados para afrontar los retos de una minera cada vez más sofisticada y con mayores retos que enfrentar.

7. Es necesario tener en cuenta las limitaciones en el uso de este explosivo en los límites finales del tajo, las razones son diversos como por ejemplo: FLY ROCK (proyecciones de roca), de consecuencias fatales y de daño a la propiedad privada.

Por ello es necesario realizar voladuras controladas en zonas críticas, como la dosificación de explosivo en taladros Buffer, uso de cámaras de aire para aliviar la presión de detonación, taco adecuado en longitud y dimensiones de la grava a usar en estos casos.

BIBLIOGRAFÍA

1. Umberto Eco. CÓMO SE HACE UNA TESIS: Técnicas y procedimientos, investigación y escritura. Tascabeli Bompiani 1977.
2. Jorge Arancibia W. Servicio de Tronadura-Codelco Chile, División Andina Rajo Abierto-Chile, Mayo 2000.
3. Famesa Explosivos: Manual "SAN-G, un moderno y ventajoso agente de voladura para tajos abiertos"- Lima –Perú-Julio 2008.
4. EXSA S.A: Manual práctico de voladura. Edición especial. Lima-Perú- 17 Octubre 2011.
5. EXSA SA: Centro Tecnológico Voladura de EXSA (CTVE). Apuntes de clase dictadas por el Ingeniero Alfredo Meier-Especialista en Voladura: 2009 y 2010.
6. Carlos López Jimeno. Manual de perforación y voladura de rocas-Editores Escuela Técnico Superior de Minas 2003
7. Carlos Agreda T: Voladura controlada Teoría y Aplicaciones-Lima-Perú-Mayo 2001.

8. Asociación Fondo de Investigadores y Editores: Química –Análisis de Principios y Aplicaciones Tomo II .Lumbreras Editores 3 Edición Setiembre del 2006-Segunda Impresión Julio 2008.
9. CORBETT, G., 2011, Reporte Geológico Sobre el Proyecto La Arena y Diversos Prospectos de la Concesión de Rio Alto Mining-Diciembre 2011.
10. Jacqueline Akhavan: The Chemistry of Explosives (RSC Paperbacks) Paperback – July 8, 2011
11. Wildon Fickett, William C. Davis, Physics: Detonation: Theory and Experiment (Dover Books on Physics) Paperback – Unabridged, December 17, 2010.
12. Person, A. Holmberg, R. And Lee: Rock blasting and explosives engineering, CRG, Press, US, 2004.
13. Cooper, P. (1996): “Explosives engineering”
14. Paul Cooper& Stanley R. Kurowski : Introduction to the Technology of Explosives Hardcover – October 10, 1996.
15. Paul Cooper: Explosives Engineering Hardcover – November 28, 1996.
16. Langefors, U. y Khilström, B. (1987): “Técnica moderna de voladura de rocas”.